Quaderni di informatica 6

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici - Anno III - Numero 2 - 1976

ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-33
RQDI-104

Honeywell
Honeywell Information Systems Italia

FPDM - 33

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno III - Numero 2 - 1976

Sommario

I sistemi distribuiti: una svolta nella elaborazione automatica dei dati

La centralizzazione delle risorse di elaborazione ha costituito sinora la soluzione dominante nell'architettura dei sistemi informativi. Si profila ora come fattibile e, sotto diversi aspetti, vantaggioso l'orientamento opposto, cioè verso "sistemi distribuiti". Dietro questo concetto vi è un'ampia e complessa problematica che coinvolge aspetti tecnici, economici e organizzativi. Nel dibattito su questo tema di grande attualità interviene qui uno dei più autorevoli esperti in materia.
M. CANEPA

Le memorie ottiche

Le attuali memorie di massa sono notoriamente basate su principi di funzionamento elettromeccanici. Ciò comporta intrinseche limitazioni funzionali; vengono perciò da tempo ricercate soluzioni alternative caratterizzate dalla assenza di movimenti meccanici. Una classe di soluzioni potenziali è costituita dalle "memorie ottiche", delle quali vengono qui illustrati i principi di operazione, i problemi e le prospettive di utilizzazione.
F. FILIPPAZZI

Problemi e prospettive della traduzione automatica del linguaggio

Di traduzione automatica mediante elaboratore si parla ormai da anni; tuttavia, i risultati pratici sinora ottenuti sono sostanzialmente modesti. In effetti, il problema si è rivelato ben più difficile di quanto si fosse inizialmente sospettato. In questo articolo l'Autore inquadra i termini concettuali del problema e fa il punto sullo stato e sulle prospettive di soluzione.
S. CRESPI-REGHIZZI

Prospettive didattiche dell'Informatica

L'istruzione è stata spesso indicata come una delle aree di più ampio impiego potenziale dell'elaboratore. Come si presenta attualmente la situazione? Quale ruolo si attribuisce oggi all'elaboratore in questo campo? Quali i limiti, i costi, le prospettive? La risposta dell'Autore a queste domande deriva da una diretta, concreta esperienza.
M. ITALIANI

Rilievi sul mercato italiano dei calcolatori

Questo articolo costituisce l'aggiornamento pubblicato annualmente da questa rivista sul mercato italiano dei calcolatori. In questo campo, «Quaderni di Informatica» rappresenta ormai, più che una sorgente autorevole, un vero e proprio punto di riferimento.
R. LEVRERO

Resoconti e recensioni

Direttore Responsabile
F. Filippazzi

Comitato di Redazione
P.L. Boschetti, A. Cicu,
M. De Marco, S. Fabris,
C. Falcetti, R. Levrero, P. Lupo,
N. Minnaja, G. Occhini, G. Rapelli,
F. Ricci, M. Rossi

Redazione
Honeywell Information Systems Italia
Centro di Ricerca e Progettazione
20010 Pregnana Milanese (Milano)

Stampa
La Tipocromo - Milano

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

«Quaderni di Informatica» ospita articoli e contributi di varia provenienza. La responsabilità delle opinioni espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli della rivista, o di parte di essi, è consentita solo citando la fonte e l'autore.

I sistemi distribuiti: una svolta nella elaborazione automatica dei dati

MIKE CANEPA
Advanced Systems Engineering
Honeywell Information Systems
Boston (USA)

1. Introduzione

"Sistemi distribuiti" è un termine che tutti coloro che si interessano, per vari motivi e sotto vesti diverse, all'informatica incontrano sempre più di frequente. La fig. 1 fornisce una illustrazione, da un punto di vista concettuale, di questo nuovo orientamento della architettura dei sistemi di elaborazione.

L'informatica distribuita presenta una molteplicità di aspetti ed una complessità tali che riesce oggi estremamente difficile valutarne le implicazioni future. È però fuori di dubbio che si tratta di una delle svolte più importanti nella storia della elaborazione automatica dei dati, con ripercussioni profonde sui fabbricanti e sugli utenti di calcolatori.

Per i fabbricanti si tratta di definire, oltre alle caratteristiche dei nuovi prodotti, anche i criteri con cui adeguare le proprie organizzazioni di vendita e di manutenzione alla mutata realtà tecnica. Problemi altrettanto impegnativi si presentano all'utente, che deve ripensare in termini nuovi le sue strutture informative. Per entrambi, tutto ciò si traduce in sostanziali investimenti.

Queste problematiche, viste sotto il profilo pratico, costituiscono il tema dei paragrafi che seguono.

2. Il dibattito sulla centralizzazione/distribuzione dei sistemi di calcolo nelle grandi aziende

Nella sua forma più elementare, il concetto di sistemi distribuiti implica il porre impianti completi di calcolo (di appropriata dimensione) in sedi operative opportunamente scelte dell'azienda a servizio diretto del lavoro che vi si svolge, intercollegando tali calcolatori sia fra loro che con quelli di una sede centrale. Tale concetto è in contrasto con quello di sistema centralizzato che consiste nel porre il sistema di calcolo in una sola sede centrale, ai cui servizi accedono, in modo diverso, i vari utenti dell'impresa. È anche distinto dal concetto esattamente opposto di installare calcolatori presso varie sedi senza che esista fra loro un intercollegamento fisico e logico.

Il problema dei sistemi distribuiti riguarda quindi il coordinamento delle attività di vari centri di calcolo intercollegati fisicamente e destinati a svolgere un complesso di applicazioni comuni.

Per capire il problema dei sistemi distribuiti, occorre riflettere sulle esperienze del passato. Negli ultimi dieci anni tutte le grandi ditte hanno praticamente centralizzato i loro impianti di calcolo. Ciò è stato fatto per avvantaggiarsi delle economie di scala, ma anche (e soprattutto) per poter organizzare in una sede sola i gruppi di esperti altamente qualificati che sono necessari per realizzare i sistemi applicativi, diventati col tempo sempre più complessi.

Quindi, mentre da una parte le grandi ditte hanno teso a decentrare le responsabilità dei profitti, dall'altra lo sviluppo e la gestione dei sistemi informativi, che ha proprio lo scopo di sostenere la generazione di tali profitti, si è mossa in direzione opposta. Non c'è quindi da meravigliarsi se l'organizzazione dei sistemi informativi all'interno dell'azienda viene frequentemente dichiarata anacronistica.

Nel frattempo, la tecnologia dei piccoli sistemi ha permesso di ridurne sistematicamente il costo. Persino utenti che si ritenevano una volta troppo piccoli per giustificare un proprio sistema di calcolo, sono in grado adesso di dimostrarne l'economicità di impiego. È quindi naturale che le direzioni delle divisioni operative e delle ditte affiliate alle grandi aziende si pongano una domanda critica: è possibile operare in modo più efficace installando il "nostro" piccolo sistema, interamente dedicato alle "nostre" esigenze, anziché operare agganciati al gruppo centrale?

I venditori dei piccoli sistemi sono sin troppo entusiasti di vendere i loro prodotti direttamente a tali direzioni, con assicurazioni sull'economicità dell'operazione, la facilità d'impiego e (nella maggior parte dei casi) il controllo sui costi che tali sistemi offrono.

È un messaggio particolarmente seducente per le direzioni operative già scettiche sulla capacità del gruppo

centrale di fornire un servizio adeguato alle loro necessità. Si appoggia sulla difesa della «responsabilità» e del controllo delle risorse che l'accompagnano, l'argomento tradizionalmente usato a sfavore della centralizzazione dei servizi. In molti casi tale posizione può essere convalidata dalla dimostrazione di significativi risparmi nell'impiego delle risorse umane e del sistema di calcolo del gruppo centrale.

Per molte direzioni operative il concetto promette la libertà di sviluppare sistemi che riflettano le loro esigenze (che, dopo tutto, conoscono meglio degli altri), invece di rimanere appoggiate a servizi centralizzati che, dal loro punto di vista, cercano di soddisfare tutti ma compromettono esigenze specifiche.

I direttori dei servizi centrali di elaborazione, d'altro canto, vedono il problema da un punto di vista diverso. Avendo dopo tanto tempo, a fatica, raccolto nella sede centrale un patrimonio di esperienze e di capacità, temono il rischio di un ritorno al frazionamento di tali risorse, ad uno sviluppo non coordinato, ad una Babele tecnica. Il tipico atteggiamento è che, dopo aver speso molti anni per creare un'approssimazione d'ordine dal caos, il rischio sia adesso quello del ritorno al caos di prima.

Uno dei vantaggi che i sistemi distribuiti offrono, è di concedere ad ogni direzione operativa, dotata del proprio impianto di calcolo, l'autonomia locale che accompagna la corrispondente delega di responsabilità, consentendo però ad un centro di calcolo a disposizione della sede centrale, collegato ai vari impianti, di avere accesso alle basi di dati ivi mantenute.

Può essere pertanto soddisfatto il desiderio e la necessità di controllo su tutta l'azienda che le sedi centrali (giustamente) presentano («lasciamo che i centri cui è stata delegata la responsabilità posseggano la loro autonomia, ma rimaniamo al corrente di ciò che fanno»).

Il dibattito sulla distribuzione degli impianti di calcolo nelle grandi aziende è anche costellato da grossi problemi tecnici che è necessario risolvere, se l'azienda vuole far evolvere i propri servizi informativi verso sistemi distribuiti. Di questo parleremo più avanti.

Al solito, però, i problemi fondamentali non sono tecnici, ma umani ed organizzativi. La ormai imponente storia dell'impiego degli elaboratori per applicazioni commerciali, convalida la tesi che i sistemi che hanno operato con successo sono quelli derivati dagli sforzi congiunti delle direzioni operative (utenti) e degli esperti di sistemi d'informazione.

Nei prossimi anni, i consigli d'amministrazione di tutte le grandi aziende saranno inondati da relazioni tecniche, letteratura commerciale, analisi sul rapporto costo/benefici, studi di fattibilità, raccomandazioni in favore e contro la politica dei sistemi distribuiti.

Le decisioni finali che le aziende devono prendere per quanto riguarda i loro sistemi informativi (distribuiti o no) devono essere il risultato della collaborazione fra gli utenti e gli esperti tecnici.

Ogni politica che alieni gli utenti (imponendo un irragionevole grado di centralizzazione laddove soluzioni distribuite rappresentano un'alternativa valida), o che frustri l'organizzazione del centro di elaborazione (attraverso un'altrettanto irragionevole dispersione di risorse importanti raccolte ed organizzate a fatica) porta inesorabilmente al fallimento.

3. Esempi di sistemi distribuiti

Per quanto se ne faccia un gran parlare nella letteratura e negli incontri fra esperti, è necessario riconoscere che l'esperienza con sistemi distribuiti installati ed operativi è molto scarsa. È difficile oggi indicare aziende nelle quali sistemi d'informazione si siano evoluti da una struttura centralizzata ad una distribuita e in cui nel corso di tale evoluzione siano stati misurati vantaggi e svantaggi organizzativi, economici e tecnici. È più facile scoprire l'esistenza di programmi in fase di realizzazione, ed analizzarne motivazioni ed obbiettivi. Occorrerà attendere ancora parecchio tempo prima che i risultati di tali sforzi siano pienamente misurabili.

Gli esempi presentati qui sotto sono tutti reali ed attualmente in corso di sviluppo presso industrie americane ed europee. I nomi di tali industrie vengono taciuti per motivi di riservatezza.

Primo esempio - Una delle più grandi industrie manufatturiere degli Stati Uniti intraprese, all'inizio degli anni 70, uno studio sulla ristrutturazione geografica, organizzativa ed economica dei suoi molti centri di calcolo sparsi in tutto il paese ed a vari livelli dell'organizzazione.

La raccomandazione uscita dallo studio fu di ristrutturare i molti impianti di calcolo in pochi grandi centri regionali, ciascuno a disposizione di un certo numero di divisioni operative. Approvata a livello di consiglio d'amministrazione, tale raccomandazione ha portato alla creazione di 11 «centri regionali», oggi tutti installati ed operanti, utilizzanti calcolatori Honeywell 6000, notevoli quantità di memoria di massa e terminali di svariato tipo per l'accesso diretto ai centri.

A riorganizzazione avvenuta (intorno al 1973), il primo risultato tangibile fu la riduzione dei costi portata dall'economia di scala, al punto da far pensare subito ad un'ulteriore centralizzazione in un numero ancor minore di centri (da 4 a 6) e di dimensioni proporzionalmente maggiori. Tale fase di ulteriore centralizzazione non è però mai avvenuta.

Ma ecco verificarsi in seno all'Azienda un fenomeno veramente significativo: le direzioni operative, limitate in un primo momento all'impiego remoto dei centri regionali, richiedono, ed ottengono, l'installazione su vasta scala di un numero notevole (diverse centinaia) di piccoli sistemi (minicomputer), giustificati su basi economiche ed adoperati per i controlli locali di produzione, magazzini, distribuzione di prodotti ed altre applicazioni.

Tale fenomeno, insito nella legge di natura che porta le direzioni operative ad avere il controllo sulle risorse essenziali per raggiungere determinati obbiettivi, ha portato alla proliferazione rapida (e, ciò che è peggio, incontrollata) di piccoli sistemi, e rappresenta un «contropiede» rispetto agli obbiettivi economici iniziali che la creazione dei centri regionali voleva raggiungere. Ciò è particolarmente vero per quanto riguarda i costi di programmazione e gestione di tanti

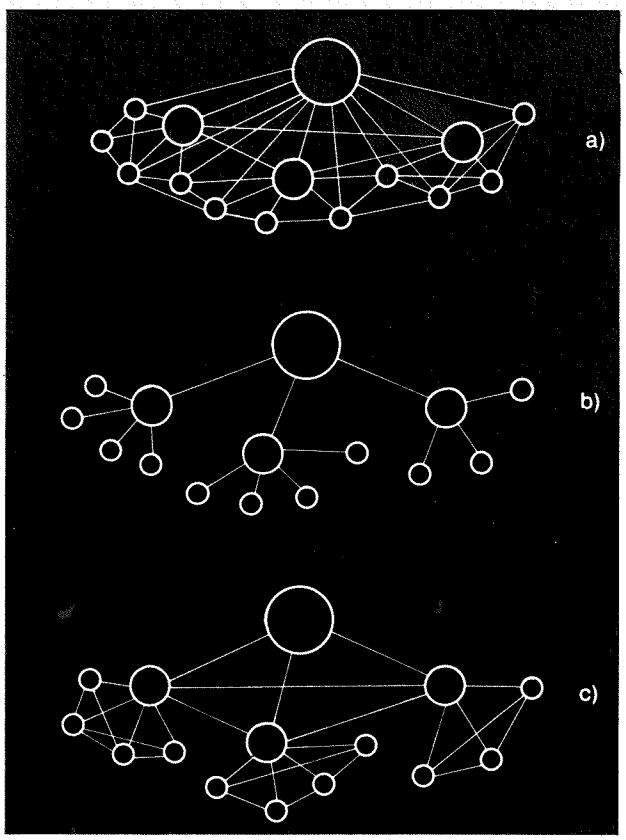


Fig. 1 - Un sistema distribuito (c) può essere visto come la sovrapposizione di una struttura di tipo biologico (a) e di una struttura gerarchica (b). La struttura biologica corrisponde alla interconnessione di tutti i componenti del sistema senza collegamenti preferenziali. La struttura gerarchica corrisponde alla connessione di componenti di un dato livello ad un componente del livello immediatamente superiore. La sovrapposizione delle due strutture corrisponde alla interconnessione di tipo biologico di componenti di uno stesso livello ed alla relazione di tipo gerarchico tra due livelli. Il vantaggio principale di una struttura biologica è la flessibilità. Una struttura gerarchica è meno flessibile, ma la definizioni delle relazioni tra i componenti è molto più facile. Una struttura composta, come c, presenta i vantaggi di entrambe le precedenti e quindi un buon bilanciamento tra fattori contrastanti come uniformità e diversità, integrazione e differenziazione. Questo bilanciamento corrisponde al fatto che obiettivo di una architettura distribuita è di portare gli elaboratori più vicini ai loro utenti effettivi e di facilitarne l'accesso.

piccoli impianti, che le direzioni operative facilmente mascherano nei costi generali dei loro reparti.
Oltre a ciò si ripresenta il rischio della perdita di accesso tempestivo ai dati dei nuclei operativi da parte della sede centrale dell'azienda, tempestività che si era realizzata con la creazione dei centri regionali.
Posta di fronte a questa complessa situazione, la soluzione che l'azienda intende attuare è la seguente:

- Collegare la maggior parte dei piccoli sistemi (recentemente acquisiti o da acquisirsi in futuro) ai centri regionali, rispetto ai quali vengono ad operare come satelliti, mediante rete di comunicazione.
- Stabilire una rigorosa politica di standardizzazione per quanto riguarda l'uso di linguaggi di programmazione e l'organizzazione delle basi di dati, in modo da minimizzare gli investimenti per la preparazione del personale, documentazione, etc., e rendere programmi e dati il più possibile compatibili per l'intero sistema distribuito.
- Far rispettare tali standard al personale dei centri satelliti, limitando il più possibile i piccoli sistemi all'esecuzione dei programmi applicativi. Le compilazioni e generazioni di basi di dati devono essere eseguite dai centri regionali con linguaggi e metodi standardizzati. Programmi oggetto e basi di dati vengono poi trasmessi ai centri satelliti per l'impiego in periferia.

Non si vuole qui discutere la validità di tale particolare soluzione volta ad imporre una rigorosa disciplina aziendale, necessaria per mantenere lo stretto coordinamento fra sistemi che operano in modo dipendente uno dall'altro. Può essere, invece, interessante discutere brevemente come una delle applicazioni, pianificazione e controllo di produzione, è prevista in tale sistema distribuito.
Al centro regionale, al quale sono collegati gli impianti satelliti installati negli stabilimenti, è assegnato il compito di preparazione dei piani di produzione. Una volta al giorno, il piano di ogni stabilimento, trasmesso al corrispondente centro satellite, viene svolto con l'ausilio del calcolatore stesso: vengono distribuiti i lavori di reparto e di gruppo, raccolti i dati di produzione, controllate le catene automatiche di montaggio, etc. Periodicamente, i risultati dell'avanzamento della produzione vengono trasmessi dai calcolatori di stabilimento e di magazzino al centro regionale. Questi aggiorna sulla base di tali dati il piano globale di produzione e ritrasmette, il giorno successivo, il piano aggiornato a ciascun calcolatore locale, completando pertanto il ciclo.
Secondo esempio - Una grande banca europea dopo aver operato sin quasi alla fine degli anni '60 con calcolatori e metodi convenzionali, ha deciso di automatizzare i propri servizi mediante una rete di terminali bancari collegati in tempo reale a centri di calcolo.
In un primo tempo la soluzione proposta consisteva in un impianto centralizzato capace di sostenere l'attività di diverse migliaia di terminali. Particolare interessante è, tuttavia, il fatto che la banca ha sempre optato per due centri di uguali caratteristiche, geograficamente separati e fra loro interconnessi, ciascuno connessi ad un numero corrispondente di terminali. Il picco di traffico previsto nelle condizioni di massima espansione del sistema e per i due centri operanti contemporaneamente era di 85 transazioni/sec.
Da una tale proposta iniziale, la banca si è gradualmente spostata verso una soluzione distribuita di elaboratori e basi di dati. Nella forma nella quale è attualmente in fase di realizzazione, il sistema è schematicamente rappresentato nella figura 2.
I due grandi centri sono a loro volta collegati, mediante linee full duplex a 4800 baud, ad un certo

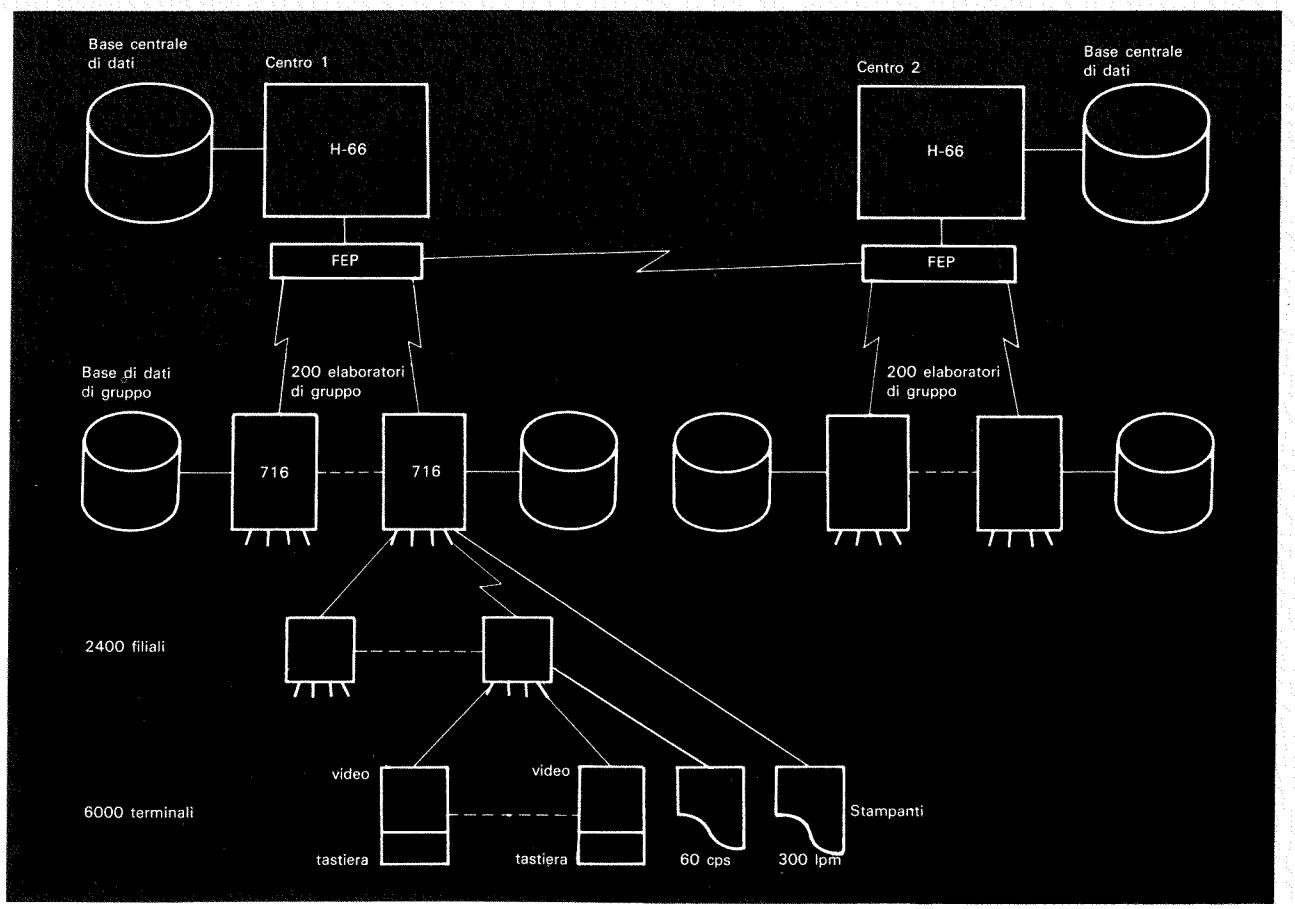


Fig. 2 - Un esempio di sistema distribuito in fase di realizzazione.

numero di «elaboratori di gruppo», ciascuno installato nella sede della direzione del gruppo di filiali, che è una delle filiali del gruppo essa stessa. Un aspetto interessante riguarda il criterio seguito dalla banca nella scelta del numero degli elaboratori di gruppo (200 inizialmente e sino a 300 nello sviluppo massimo previsto), che è stato fissato salvaguardando strettamente i criteri organizzativi ed operativi dell'azienda (un calcolatore per ogni direttore di gruppo) piuttosto che sulla base di concetti economici.

Ciascun elaboratore di gruppo (un Honeywell 716) mantiene una base di dati «indicativa» locale per i conti dei clienti serviti dalle filiali del gruppo. È a sua volta connesso, in modo strettamente gerarchico, ad un numero di concentratori di filiale via linee di comunicazione. È previsto che sino a 2400 concentratori siano installati nel sistema, capaci di servire circa 6000 terminali.

Il sistema è organizzato col criterio di mantenere centralizzato il controllo sul progetto, manutenzione ed operazione delle basi di dati (5 miliardi di caratteri). Ciò è fatto per i due sistemi centrali usando procedimenti «batch». Le basi di dati e procedure sugli elaboratori di gruppo sono usate per provvedere alle operazioni bancarie locali. Cosa importante, le elaborazioni di sportello sui dati locali possono essere eseguite con tempi di risposta molto brevi per il carico limitato che esiste su ciascun elaboratore di gruppo. Ma le basi di dati locali sono solamente indicative. Per quanto vengano aggiornate regolarmente durante il giorno con le operazioni di sportello, non hanno valore «contabile». Tutti i messaggi d'ingresso per transazioni elaborate localmente vengono anche trasmesse al centro corrispondente dove, insieme con i movimenti «batch» raccolti durante la giornata (assegni ricevuti per posta, trasferimenti interbancari, etc.) vengono utilizzati durante la notte per aggiornare, in «batch» la *vera* base di dati che è quella centrale. Estratti di tale base centrale di dati, vengono trasmessi ogni notte a ciascuno degli elaboratori di gruppo, la cui base di dati viene obbligata ad avere ogni mattina un contenuto controllato dal centro.

Va notato che il sistema, così concepito, presenta le seguenti caratteristiche significative:

- La capacità di elaborazione globale supera le 700 transazioni/sec (3 trans/sec per ognuno dei 200 elaboratori di gruppo oltre alla capacità dei centri). Ciò si confronta con le specifiche iniziali di 85 trans/sec.
- Poiché i sistemi centrali operano in «batch», viene massimizzata la loro capacità elaborativa rispetto a quella che possederebbero con operazione in tempo reale. Possono quindi compiere tutte le elaborazioni previste nelle ore notturne.
- Poiché i sistemi centrali operano in «batch», non è necessaria la loro duplicazione per ragioni di «disponibilità», come sarebbe invece necessario nella soluzione centralizzata in tempo reale. Il risparmio sugli impianti centrali cosi ottenuto compensa, in gran parte, il costo di acquisto degli elaboratori di gruppo.
- L'integrità degli archivi del centro è superiore, ed

ottenibile con minori difficoltà, nella procedura «batch» di quanto non sia possibile con l'impianto centralizzato.

- Poiché è previsto che, nel caso di rottura di un elaboratore di gruppo, i concentratori di terminali vengano ricollegati direttamente all'impianto centrale corrispondente, il centro è in grado di sostituirsi all'elaboratore di gruppo guasto. Questo è possibile in quanto il centro è in possesso sia della base di dati del gruppo (inviata la mattina) sia dei movimenti di aggiornamento ricevuti nel corso della giornata. Si ottiene quindi un alto grado di «disponibilità» della funzione di elaborazione di gruppo senza duplicarne l'equipaggiamento.

Questo complesso di caratteristiche, che nel caso in questione non sono compromesse da considerazioni di economia, portano il sistema distribuito ad avere vantaggi veramente significativi su una equivalente soluzione centralizzata.

4. Motivi dell'evoluzione verso i sistemi distribuiti

Vediamo a questo punto di riassumere rapidamente i motivi per i quali si delinea la tendenza verso i sistemi distribuiti.

1. Fattori organizzativi - Sono certamente i più importanti. Derivano dalla capacità del sistema distribuito, proprio in quanto tale, di fornire quella flessibilità che consente di rappresentare più da vicino la struttura e le esigenze organizzative dell'azienda. L'accento è sulla possibilità di collocare il calcolatore delle dimensioni e caratteristiche volute nel posto voluto. Inoltre, in quanto sono intercollegati, i calcolatori svolgono attività coordinate e consentono a programmi applicativi in un centro di accedere alle basi di dati degli altri centri; il sistema distribuito offre pertanto una soluzione più rispondente alle esigenze sia di centralizzazione che di distribuzione dei servizi d'informazione.
2. Fattori tecnici - Sono legati all'aumento di prestazioni (numero di transazioni/sec, tempi di risposta) che l'attività parallela di tanti centri consente rispetto ad un centro solo. Aumenta anche la «disponibilità» del sistema come conseguenza della ridotta probabilità di rottura simultanea di tanti centri fisicamente indipendenti.
3. Fattori economici - Sono i fattori che tradizionalmente hanno spinto alla centralizzazione. Per quanto esistano casi documentati nei quali l'economia globale, come vista dall'azienda, suggerisce la distribuzione, riteniamo che ciò sia vero, per il momento, solamente in pochi casi. È invece più ragionevole affermare che lo svantaggio economico della distribuzione, misurato in costo di equipaggiamento e di gestione, non è più, in molti casi, un deterrente tale da dover rinunciare agli altri vantaggi che la distribuzione consente.

5. Esigenze tecniche, viste dall'utente, dei sistemi distribuiti

L'azienda che affronta il compito di organizzare un sistema distribuito d'informazione, sia nuovo (nuova applicazione) sia come evoluzione di una struttura esistente di calcolatori, si trova di fronte ad una serie non indifferente di problemi tecnici. Vediamo rapidamente quali sono.

1. Deve scegliere ed installare gli impianti singoli che soddisfino le esigenze di prestazioni e di applicazioni locali, e siano intercollegabili con gli altri centri. È quindi di fronte ad un problema di compatibilità fra le caratteristiche di tali centri (per esempio: capacità di scambio di messaggi).
2. Deve installare la rete di comunicazione fra i centri ed i terminali, sia sotto forma di rete privata (esempio: rete «packet switching») o facendo uso di servizi esistenti (esempio: «Value Added Network»).
3. Deve organizzare e far rispettare standard nell'uso dei linguaggi di programmazione, nella stesura dei programmi applicativi, nell'organizzazione ed impiego delle basi di dati, nell'impiego delle procedure operative, etc. Ciò è fondamentale non soltanto per il coordinamento dei centri, ma anche per ridurre i costi di preparazione del personale, stesura dei programmi, documentazione, etc.
4. Deve organizzare l'assegnazione di responsabilità per il progetto, operazione, manutenzione ed amministrazione della base di dati distribuita.
5. Deve progettare la funzione del centro di supervisione del sistema distribuito che coinvolge:
   - Impiego di comandi per far eseguire al sistema funzioni particolari (ad esempio: trasferire un archivio fra due centri, riconfigurare la rete di comunicazione, spostare funzioni applicative fra nodi, etc.).
   - Raccolta ed analisi dei dati statistici relativi all'operazione dei vari nodi.
   - Raccolta delle informazioni diagnostiche sul funzionamento dei componenti e coordinamento centrale della manutenzione degli impianti.
   - Archiviazione, manutenzione e distribuzione del software per tutti (od alcuni) nodi del sistema, in particolare quelli che non richiedono personale operativo (esempio: centri di smistamento messaggi).
6. Deve installare il sistema in fasi successive, provocando il minimo intralcio alla attività dell'azienda ed il minimo numero di conversioni (dati e programmi) rispetto al sistema preesistente.

Dall'esame di un tale complesso di compiti appaiono chiare alcune osservazioni sulla natura dei problemi associati alla definizione, installazione ed avviamento di sistemi distribuiti:

- Anche i più qualificati tra gli utenti devono procedere con cautela. Poiché esempi di impianti operativi cui fare riferimento sono molto rari, i rischi (finanziari ed organizzativi) che accompagnano l'introduzione di tali sistemi sono considerevoli.
- L'avviare sistemi distribuiti con centri di calcolo e terminali eterogenei può condurre a sprechi di risorse, sia per lo sforzo (di studio, pianificazione, programmazione, etc.) volto a far operare elementi eterogenei in modo coordinato, sia per l'impiego inefficace delle risorse impegnate a convertire funzioni fra loro incompatibili. Per questo motivo, gli utenti esigono dai fabbricanti la fornitura di prodotti con caratteristiche unificate, ossia che rientrino nelle leggi di un'unica «architettura di sistemi distribuiti».

• Per il numero e la complessità delle funzioni coinvolte, è naturale che gli utenti siano costretti a richiedere dai fabbricanti un'assistenza, per progettazione ed avviamento degli impianti, superiore a quella tradizionalmente richiesta per i sistemi convenzionali. È anzi raccomandabile che la creazione di sistemi distribuiti di una certa complessità sia ottenuta dagli sforzi congiunti dell'utente e del fabbricante. Ma è altresì chiaro che le risorse che il fabbricante deve impegnare in tali sforzi non rientrano nello schema convenzionale di determinazione dei prezzi delle apparecchiature fornite. È quindi probabile che l'assistenza dei fabbricanti per la creazione di sistemi distribuiti debba essere fornita con contratti stipulati indipendentemente.

• Poiché è improbabile che tutte le apparecchiature (calcolatori, terminali, componenti per le comunicazioni, etc.) possano essere fornite da un fabbricante unico, nasce il problema del coordinamento per il progetto, acquisto dei prodotti ed avviamento del sistema («general contractor»). Tale funzione può essere compiuta dall'utente stesso, soprattutto quando dispone di risorse adeguatamente qualificate. È anche probabile che sorgano ditte specializzate alle quali la funzione di «general contractor» possa essere affidata. La previsione, tuttavia, è che tale funzione verrà, con la massima probabilità, nella maggior parte dei casi, svolta dal fabbricante stesso di calcolatori che dovrà quindi assumersi la responsabilità, non solamente del funzionamento delle proprie apparecchiature, ma anche di quelli estranei (cioè non di sua fabbricazione) acquisiti come parti del sistema.

6. Cosa deve fare il fabbricante di calcolatori

Uno degli aspetti più importanti che il fabbricante di calcolatori deve affrontare per soddisfare la tendenza futura verso i sistemi distribuiti riguarda la natura dei prodotti venduti e dei servizi forniti. Fondamentalmente, da sistemi concentrati in un solo impianto di calcolo, il fabbricante si deve orientare verso sistemi composti da apparecchiatura di linee diverse. Come si è visto in precedenza, è sempre possibile, spendendo abbastanza risorse e con sufficiente talento, organizzare sistemi distribuiti con qualunque tipo di calcolatore. Ma se tale sistema deve essere realizzato rispettando vincoli economici di persone e materiale, e deve operare con determinati criteri d'efficienza, è necessario che i sistemi che lo compongono, provenienti tipicamente da linee diverse di prodotti, operino in modo armonico, interfacciandosi secondo le leggi di un'architettura unica. Tale architettura che, si noti bene, non è di per se stessa un prodotto, bensì il complesso delle regole alle quali il fabbricante si attiene nel fabbricare i propri prodotti, può essere definita come l'insieme organizzato di:

• funzioni di sistema,

• le loro interfacce, quando tali funzioni operano sullo stesso nodo di calcolo, ed

• i protocolli, quando funzioni corrispondenti si interfacciano a distanza, ossia, sono su nodi diversi,

per mezzo dei quali calcolatori e terminali, intercollegati in una rete, operano in modo coordinato.

Se tali funzioni di sistema, interfacce e protocolli sono opportunamente realizzati su un determinato insieme di prodotti (Calcolatori e Terminali), questi possono essere usati come componenti di una famiglia per realizzare sistemi distribuiti.

Esistono almeno quattro aree fondamentali che l'implementatore del sistema, usando prodotti basati su un'architettura unica, deve poter affrontare:

• La preparazione e l'esecuzione dei programmi applicativi,

• La distribuzione dei messaggi,

• La distribuzione delle basi di dati,

• La supervisione ed il controllo del sistema distribuito.

Vediamo rapidamente alcuni elementi (non tutti) che l'architettura deve offrire in ciascuna di tali aree.

Preparazione ed esecuzione dei programmi applicativi - Probabilmente, l'aspetto più importante riguarda il fatto che l'implementatore deve poter organizzare il proprio sistema distribuito solo facendo uso di linguaggi di programmazione applicativa, ossia, senza dover essere coinvolto nella stesura di alcuna parte del software di sistema. Oggi, praticamente, ciò non è mai vero, anche nel caso di sistemi distribuiti particolarmente semplici.

Un secondo aspetto riguarda l'unificazione dei linguaggi applicativi per tutti i nodi della rete, da qualunque linea di prodotti questi provengano. Questa esigenza, che copre anche i linguaggi per la descrizione e la manipolazione delle basi di dati, riguarda il controllo economico delle risorse che l'utente deve investire per la preparazione del personale e documentazione sul minimo numero di linguaggi e discipline diverse.

Un terzo aspetto riguarda la necessità di rendere programmi applicativi e terminali fra loro indipendenti. Questa esigenza non è praticamente mai stata soddisfatta in passato, in quanto i terminali, nella maggior parte dei casi «non intelligenti», hanno dovuto dipendere, per natura di cose, da un programma applicativo per compiere la loro funzione. L'evoluzione tecnologica che ha ridotto drasticamente il costo dei mini e micro elaboratori, consente adesso di far trovare vicino al terminale, o addirittura come parte di esso, una opportuna capacità di elaborazione. Questa capacità deve consentire un notevole grado di svincolo fra l'attività del programma applicativo (che può praticamente ignorare la struttura fisica del terminale) ed il terminale stesso che ha acquisito la capacità di svolgere sotto controllo locale funzioni microscopiche.

Distribuzione dei messaggi - I programmi applicativi, comunque distribuiti fra i nodi della rete, devono essere in grado di operare in modo coordinato attraverso un'interfaccia unificata per lo scambio dei messaggi. Ciò significa che i programmi applicativi sono protetti dalle variazioni che nel tempo possono essere apportate alle caratteristiche e topologia della rete di distribuzione dei messaggi (e naturalmente, viceversa). Va notato, e riteniamo ciò di importanza fondamentale, che un programma applicativo, su qualunque nodo della rete sia collocato, (ad es: terminale) deve essere in grado di richiedere ed ottenere di inviare messaggi a qualunque altro programma applicativo

nel sistema, con il messaggio trasmesso secondo una relazione «primario/primario» fra i due nodi. Va osservato che nelle architetture sin qui annunciate, tale simmetria d'iniziativa per l'invio dei messaggi non è consentita. Tali architetture sono severamente limitate dalla necessità che *un solo sistema centrale* compia tutte le funzioni di coordinamento nello scambio dei messaggi. Due nodi che vogliono scambiare messaggi, possono pertanto farlo solamente dopo il *consenso ed attraverso* un unico sistema centrale. Nel caso di tali architetture, la topologia della rete è quindi strettamente limitata ad una struttura ad albero: non si ha quindi soltanto lo svantaggio del collo di bottiglia di un unico sistema centrale che si inserisce obbligatoriamente in ogni scambio di messaggio e che è quindi rapidamente sovraccaricato, ma la rete stessa può non permettere la configurazione più economica.

La vera soluzione del problema deve quindi permettere:

- una topologia di rete che rispecchi le vere esigenze di prestazione e di economia del cliente e che abbia quindi una struttura generalizzata (di cui l'albero sia solamente un caso particolare);
- lo scambio di messaggi fra due nodi, avviato su iniziativa simmetrica di uno di essi, deve coinvolgere solamente i nodi stessi.

Solamente in tal caso si può realmente parlare di sistemi distribuiti.

Distribuzione della base dei dati - L'architettura deve consentire all'utente di distribuire i propri dati fra i nodi della rete secondo i criteri applicativi desiderati, con i dati in ciascun nodo strutturati in modo indipendente e tali da soddisfare le esigenze dei programmi applicativi che vi accedono.

Nella sua accezione più elementare, il problema della gestione di una base di dati distribuita è quello di consentire ad un programma applicativo che lo richieda, di accedere a dati che si trovano in uno o più nodi remoti. L'architettura, utilizzando la capacità di scambio di messaggi, deve permettere:

- al programma di migrare verso il nodo dove si trovano i dati, ovvero,
- ai dati di migrare verso il nodo dove ha sede il programma applicativo,

utilizzando quella, fra le due procedure, che è più vantaggiosa nel contesto dell'applicazione specifica.

Supervisione e controllo del sistema distribuito - Quest'area, riguarda uno svariato complesso di funzioni necessarie per la supervisione e controllo del sistema. Brevemente ciò coinvolge:

- la gestione dei cataloghi che descrivono le varie entità nel sistema (archivi, programmi applicativi, configurazione dei componenti, etc.);
- la gestione di configurazione e riconfigurazione del sistema;
- la raccolta delle statistiche operative dei vari nodi per la misura delle loro prestazioni e la contabilizzazione/fatturazione dei costi di funzionamento;
- la raccolta centralizzata delle informazioni diagnostiche dei nodi per consentire che la manutenzione richieda solamente pochi esperti in un centro unico.

Come si vede dal complesso delle considerazioni svolte sopra, un'architettura di sistemi distribuiti va ben al di là della necessità di sostenere lo scambio di messaggi fra calcolatori intercollegati. Va notato, in effetti, che il collegare calcolatori con reti di comunicazione, costituisce soltanto una parte del problema. Il vero problema al quale l'architettura deve rispondere è fondamentalmente applicativo: dove cioè consentire all'utente di organizzare e distribuire tutte le funzioni applicative secondo le esigenze della propria azienda.

7. Conclusioni

In sintesi, alcuni dei punti più significativi tra quanto detto sopra possono essere così riassunti:

- La tendenza verso i sistemi distribuiti attualmente in corso è frutto dell'incontro fra esigenze degli utenti e sviluppi tecnologici.
- Sistemi centralizzati continueranno ad esistere, ma come sottocaso di quelli distribuiti.
- L'appartenenza ad un'architettura di sistemi distribuiti sarà una delle caratteristiche principali dei prodotti futuri di ogni fabbricante, ed imporrà a tali prodotti esigenze nuove rispetto al concetto tradizionale di linee «compatibili verso l'alto».
- Il fabbricante sarà sempre più orientato a considerare il «sistema totale», costituito da terminali ed apparecchiature appartenenti a linee diverse, come il suo vero prodotto.
- Le aziende avviate verso la realizzazione di sistemi distribuiti sono oggi ancora aziende d'avanguardia. In molti casi esse procedono con un certo grado di cautela, in quanto:
  - i vantaggi e gli svantaggi dei sistemi distribuiti, rispetto a soluzioni alternative, sono ancora quantitativamente sconosciuti;
  - esistono rischi di una certa entità;
  - devono essere risolti un certo numero di problemi tecnici non indifferenti.

Le memorie ottiche

FRANCO FILIPPAZZI
Centro di Ricerca e Progettazione
Honeywell Information Systems Italia
Pregnana Milanese

1. Introduzione

Le memorie di massa sono tradizionalmente dominio delle tecnologie di registrazione magnetica su superfici in movimento. Nessun altra tecnologia, infatti, ha consentito sinora di ottenere capacità di memoria equivalenti a costi unitari comparabili. A fronte di questi vantaggi, vi sono le limitazioni derivanti dall'accesso di tipo meccanico che caratterizza queste memorie. Queste limitazioni si riflettono sul tempo di accesso nonché sulla affidabilità del funzionamento, l'usura essendo un fenomeno tipico delle apparecchiature meccaniche.

Queste limitazioni sono tra i più evidenti colli di bottiglia dei sistemi di elaborazione attuali. Perciò da molto tempo vengono ricercate soluzioni alternative, avendo come obiettivo sistemi di memoria che non implichino movimenti meccanici.

Tra le potenziali soluzioni, ci occuperemo qui delle «memorie ottiche», nelle quali, cioè, l'accesso alle informazioni è realizzato mediante un fascio di luce. Vi sono attive indagini in questa direzione, ma si è ancora lontani da una fase di applicazione pratica. Ciò è dovuto non solo alle difficoltà tecniche inerenti a queste soluzioni, ma anche al fatto che le tecnologie convenzionali di registrazione continuano a presentare un ritmo continuo e incessante di progresso, che rende man mano più arduo il compito delle tecnologie competitive.

Un previsione sulle future memorie di massa deve pertanto cominciare da una valutazione della potenzialità di ulteriore evoluzione da parte delle tecnologie attualmente in uso.

2. Prospettive della registrazione magnetica

Le memorie di massa basate sulla registrazione magnetica su superfici in movimento hanno presentato finora un ritmo di progresso molto sostenuto e sostanzialmente costante. Ciò appare chiaramente dalle fig. 1a e 1b, che mostrano l'andamento storico della densità di informazioni dei dischi (i punti indicano i prodotti più rappresentativi apparsi sul mercato).

La densità di informazioni può essere considerata una significativa figura di merito di queste tecnologie, in particolare delle memorie a disco, perché tanto maggiore essa è, tanto minore è il costo per bit nonché il tempo di accesso.

La fig. 1 mostra un andamento rettilineo, con un incremento della densità superficiale di un fattore dieci ogni cinque anni. Tale andamento non presenta sintomi di flessione ed è lecito ritenere che esso possa continuare inalterato durante almento il prossimo quinquennio.

Questa estrapolazione è suffragata dall'analisi dei molteplici fattori che intervengono nel problema. La risoluzione delle testine magnetiche presenta ancora significativi margini di miglioramento, in particolare attraverso la introduzione di processi di fabbricazione mutuati dall'industria dei semiconduttori. Molto si può ancora fare per migliorare il mezzo di registrazione; ciò concerne non solo le caratteristiche magnetiche del materiale, ma anche, e soprattutto, le sue caratteristiche meccaniche (spessore, regolarità e livellamento della superficie). Dalle più elevate precisioni di lavorazione ci si possono attendere sensibili miglioramenti di un parametro critico quale la distanza tra testina e superficie di registrazione. D'importanza sempre più fondamentale diventa in conseguenza il problema della pulizia, come è evidenziato dalla fig. 2, che mostra la distanza testina-substrato di moderne unità a disco, comparata con particelle di fumo, singole impronte digitali, particelle di polvere e un capello umano.

Occorre ricordare che l'aumento della densità longitudinale dipende sostanzialmente dal miglioramento di tre fattori geometrici (fig. 3a): il traferro della testina, la distanza testina-superficie, e lo spessore del mezzo. I valori assoluti dei parametri in gioco sono ormai molto piccoli (fig. 3b), nel campo di 1-2 micron per tipiche unità a disco; si può però contare ancora su notevoli aumenti della densità di informazione, poiché

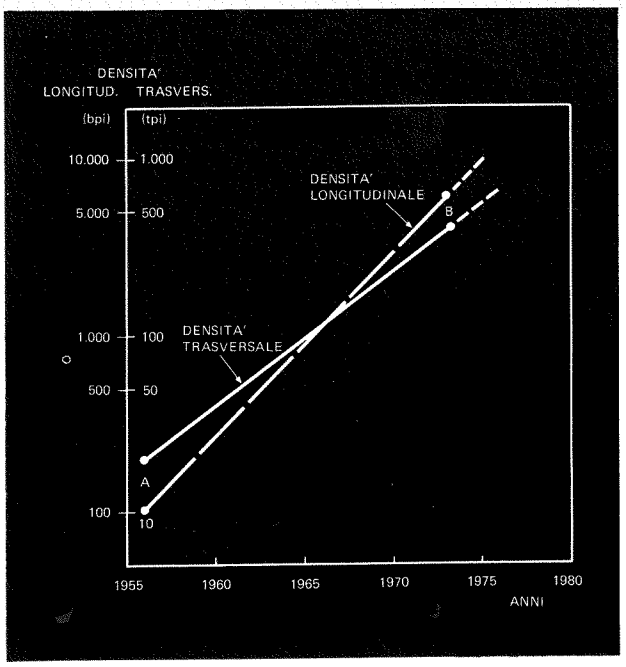


Fig. 1a — Incremento della densità longitudinale e trasversale di informazioni sui dischi magnetici

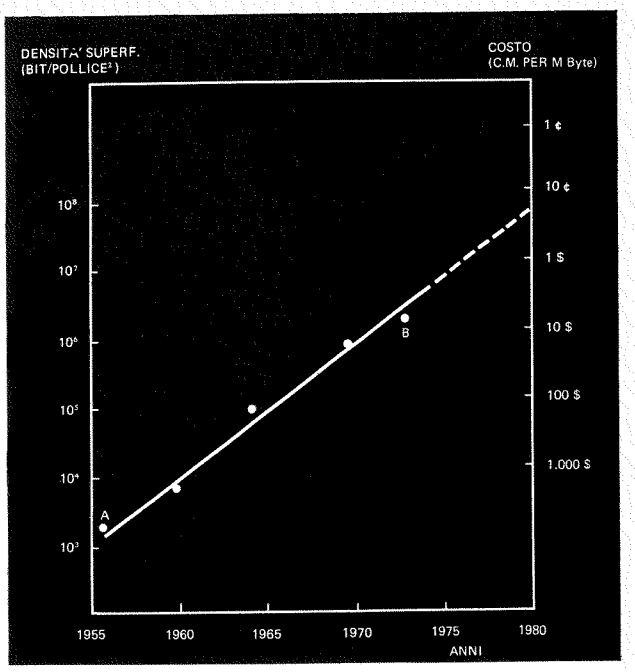


Fig. 1b — Incremento della densità superficiale dei dischi magnetici e corrispondenti diminuzioni di costo (C.M. = canone mensile di affitto per megabyte di memoria)

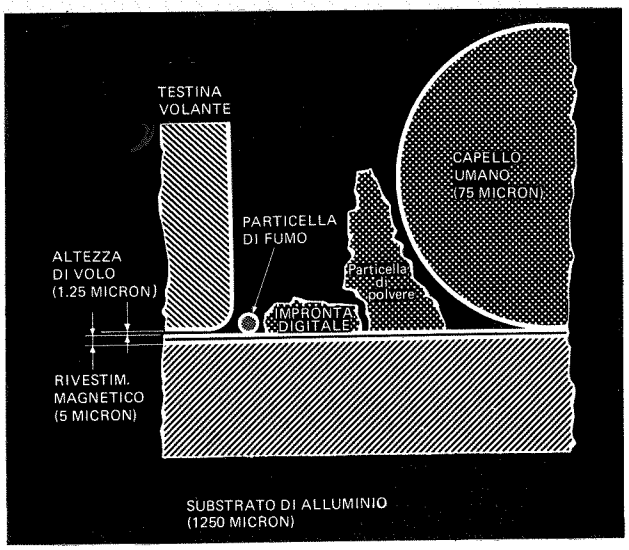


Fig. 2 — Visualizzazione di dati dimensionali relativi alla registrazione su dischi magnetici

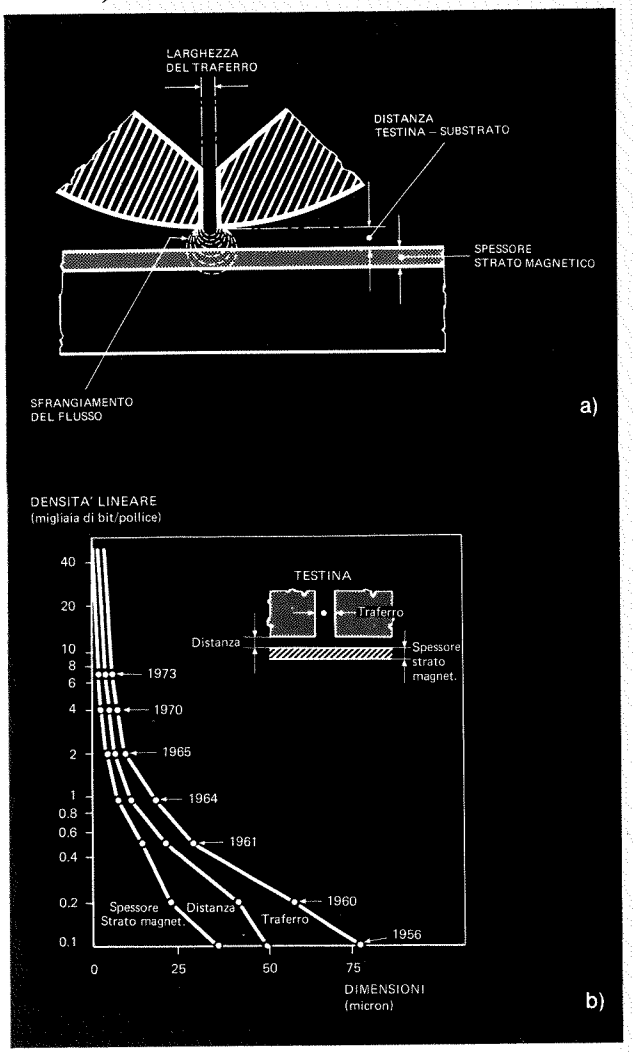


Fig. 3 — Fattori geometrici che governano la densità lineare (a) e loro evoluzione nel tempo (b)

ciò che conta in tal senso sono le variazioni relative del valore dei parametri.

Anche la densità di tracce è suscettibile di considerevoli miglioramenti, in particolare mediante l'aumento di precisione dei sistemi di posizionamento delle testine.

Infine, ulteriori aumenti della densità di informazioni dovrebbero derivare dall'impiego di più sofisticate tecniche di elaborazione dei segnali e dall'applicazione di metodi avanzati di riconoscimento e correzione degli errori.

Il calcolo del rapporto teorico segnale/disturbo indica che sono possibili densità di informazioni molto più alte delle attuali, e, conseguentemente, costi molto più

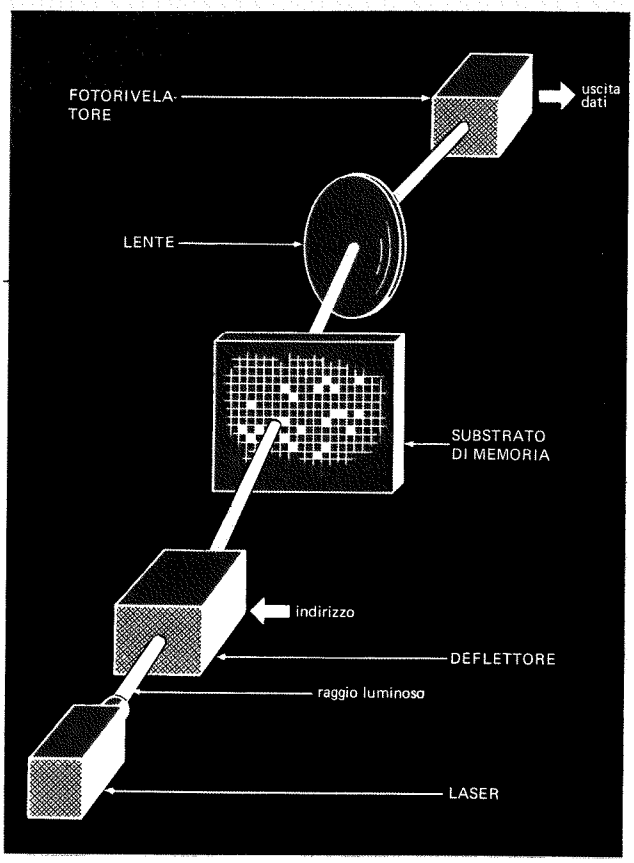


Fig. 4 — Sistema di memoria ottica fissa con indirizzamento al bit

bassi. Una previsione ragionevole, come si è già accennato, è che nel prossimo quinquennio la densità di informazioni aumenti di un ulteriore ordine di grandezza.
Ulteriori progressi, a partire da questo punto, sembrano estremamente più ardui da realizzare. Il progresso continuerà, ma il suo ritmo non potrà mantenersi sul livello finora registrato e entro la prossima decade la tecnologia della registrazione magnetica dovrebbe assestarsi attorno ai suoi limiti pratici.

3. Le memorie ottiche/olografiche

Una memoria ottica è caratterizzata dal fatto che l'accesso alle posizioni di memoria è realizzato mediante un pennello di luce, il quale viene utilizzato sia per registrare che per leggere le informazioni sul supporto di memoria. L'interesse per le memorie ottiche si può collegare ad alcune caratteristiche peculiari della luce.
Anzitutto, un accesso ottico consente intrinsecamente un elevato parallelismo di operazione; un fascio di luce inviato su un substrato agisce, infatti, contemporaneamente su tutte le informazioni in esso contenute.
L'accesso al substrato è realizzato, con la luce, direttamente in aria senza bisogno di predisporre intricate connessioni elettriche. Contrariamente a quest'ultime, inoltre, i raggi di luce possono comunque incrociarsi senza disturbarsi reciprocamente e senza quindi richiedere alcun tipo di isolamento.
La densità di informazioni che è potenzialmente realizzabile con sistemi ottici è elevata. La limitazione fondamentale a questo proposito è fissata dai fenomeni di diffrazione della luce; poiché il fascio emesso da una sorgente laser può essere focalizzato su una macchia con diametro dell'ordine della lunghezza d'onda della luce, usando luce visibile si ha una dimensione minima del bit di circa 0.5 micron. Assumendo che la distanza tra i bit sia comparabile al loro diametro, ne risulta una densità di informazioni dell'ordine di 10^8 bit/cm^2.
A differenza della registrazione magnetica convenzionale, tali densità si possono ottenere senza che occorra posizionare parti del sistema (testine) a distanze estremamente ravvicinate dal substrato di memoria.
Inoltre, in una memoria ottica il segnale di lettura è proporzionale alla intensità del fascio ottico, il mezzo di memoria intervenendo solo a modificare le caratteristiche (intensità, polarizzazione o fase) del fascio incidente. Nella registrazione magnetica, invece, l'ampiezza del segnale di lettura dipende dal flusso magnetico associato con un bit, e quindi si riduce con le dimensioni geometriche del bit.
La registrazione ottica può, infine, essere realizzata mediante tecniche, come quella «olografica», che conferiscono al funzionamento doti peculiari di affidabilità, come si vedrà più avanti.

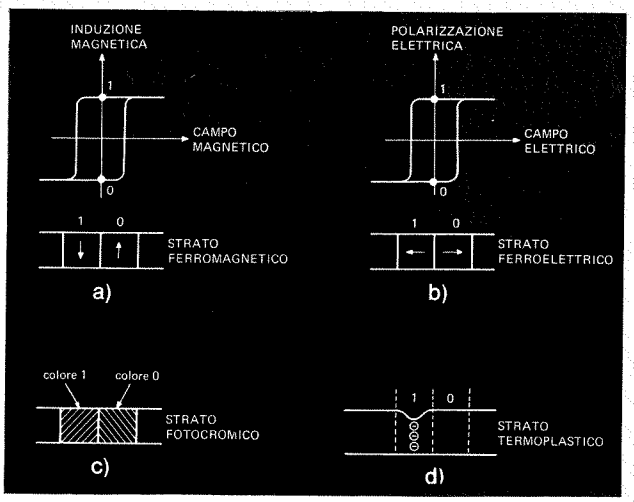


Fig. 5 — Principi di registrazione per memorie ottiche modificabili

3.1. *Principi della registrazione ottica*

Una memoria ottica è costituita essenzialmente da: a) una sorgente luminosa, b) un sistema di deflessione del pennello di luce, c) il mezzo di memoria, d) un fotorivelatore.
L'elemento di base del sistema è il mezzo di memoria. Occorre a questo proposito distinguere tra substrati cancellabili, che permettono cioè di realizzare memorie di lettura-scrittura, e non cancellabili, con cui si realizzano memorie fisse.
Se consideriamo quest'ultimo caso, una soluzione tipica è costituita da una lastra fotografica. Una alternativa al sistema fotografico è rappresentata da un substrato trasparente rivestito da un sottile strato metallico, che viene fatto evaporare selettivamente dal fascio laser. In entrambi i casi, la lettura può essere

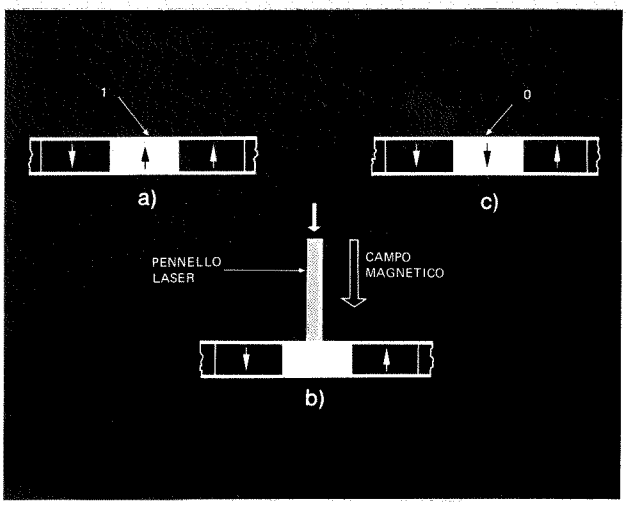


Fig. 6 — Principio di scrittura termomagnetica (a punto di Curie)

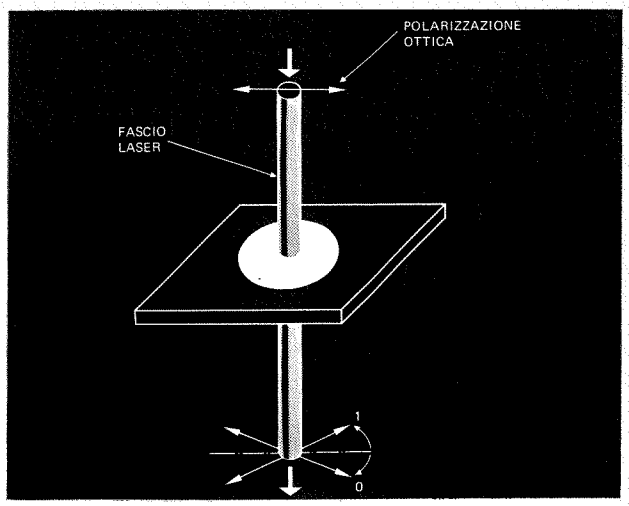


Fig. 7 — Principio di lettura magneto-ottica (a effetto Faraday)

effettuata semplicemente rilevando l'intensità del fascio ottico trasmesso attraverso il substrato, in corrispondenza delle varie posizioni di memoria (fig. 4).
Più complesso è il problema se si richiede la capacità di cancellare le informazioni e di riutilizzare il substrato un numero indefinito di volte. Sono state proposte allo scopo numerose soluzioni, basate su materiali e principi fisici differenti (fig. 5).
Una delle soluzioni più studiate si basa su materiali *ferromagnetici* e sullo sfruttamento di opportuni effetti magneto-ottici. Tra i materiali studiati, il manganese-bismuto presenta complessivamente, le caratteristiche più adatte allo scopo. Il mezzo di memoria è costituito da un sottile strato di tale materiale; esso presenta una anisotropia (asse facile di magnetizzazione) perpendicolare al piano ed un forte effetto magneto-ottico lungo tale direzione.
L'informazione binaria è, al solito, rappresentata mediante i due stati stabili della magnetizzazione del materiale.
La *scrittura* dell'informazione è basata su effetti termomagnetici. Nella scrittura detta «a punto di Curie» (fig. 6) il fascio ottico riscalda una areola del materiale portandola ad una temperatura superiore al punto di Curie (circa 350° C per il MnBi), dove esso, come noto, si smagnetizza. Rimuovendo il fascio ottico in presenza di un campo magnetico diretto in senso opposto alla magnetizzazione originaria, il materiale, raffreddandosi, assume una magnetizzazione diretta nel senso del campo applicato (Quest'ultimo deve essere inferiore al valore coercitivo del materiale, in modo da non alterare lo stato della magnetizzazione nel resto del substrato).
Per *leggere* l'informazione, si utilizzano invece effetti magneto-ottici (fig. 7). Quando un fascio di luce polarizzata passa attraverso il substrato (o è da esso riflesso), il piano di polarizzazione subisce una rotazione in senso orario o antiorario; il senso di questa rotazione risulta determinato dal verso della magnetizzazione della zona illuminata (effetto Faraday nel caso di luce trasmessa, effetto Kerr nel caso di luce riflessa). Ponendo un normale analizzatore sul percorso del fascio emergente, la variazione della direzione di polarizzazione viene trasformata in una variazione di intensità e quindi letta con un fotorivelatore.
Un altro metodo di registrazione proposto si basa su materiali «*ferroelettrici*», così detti perché presentano un fenomeno di isteresi della polarizzazione elettrica analogo a quello che i materiali ferromagnetici presentano nei riguardi dell'induzione magnetica (fig. 5b). L'informazione binaria è rappresentata dai due stati di polarizzazione rimanente del materiale. Lo strato ferroelettrico è accoppiato ad uno strato fotoconduttore, in modo da realizzare la selezione delle posizioni di memoria mediante un fascio di luce.
Un'altra classe di soluzioni è basata sui materiali «*fotocromici*» (fig. 5c). Diversi materiali presentano un particolare effetto ottico, cioè un cambiamento del loro spettro di assorbimento allorché sono illuminati con luce di una determinata lunghezza d'onda (fotocromismo). Questo cambiamento di colore dà luogo ad un aumento o ad una diminuzione di assorbimento di un'altra lunghezza d'onda, che coincide con la lunghezza d'onda del fascio di lettura.
Una ulteriore soluzione è rappresentata dai materiali «*termoplastici*». L'informazione è in questo caso rappresentata da modulazioni dello spessore del materiale (fig. 5d). La registrazione è ottenuta creando nello strato una immagine latente delle informazioni, costituita da cariche elettriche. Successivamente il materiale viene riscaldato, portandolo ad una consistenza liquida: allora, per effetto delle forze elettrostatiche, il materiale si deforma ed il suo spessore viene modulato in accordo con l'immagine elettrostatica. Tale situazione diviene permanente dopo che il materiale si è raffreddato. La lettura si basa sulla modulazione di fase subita da un fascio di luce che attraversa lo strato. (Date le piccolissime differenze di spessore in gioco, non è possibile discriminare le informazioni mediante misure di intensità luminosa). La registrazione può essere cancellata mediante successivo riscaldamento, previa neutralizzazione delle cariche rimaste.

3.2. *Memorie olografiche*

Nelle descrizioni precedenti si è implicitamente sup-

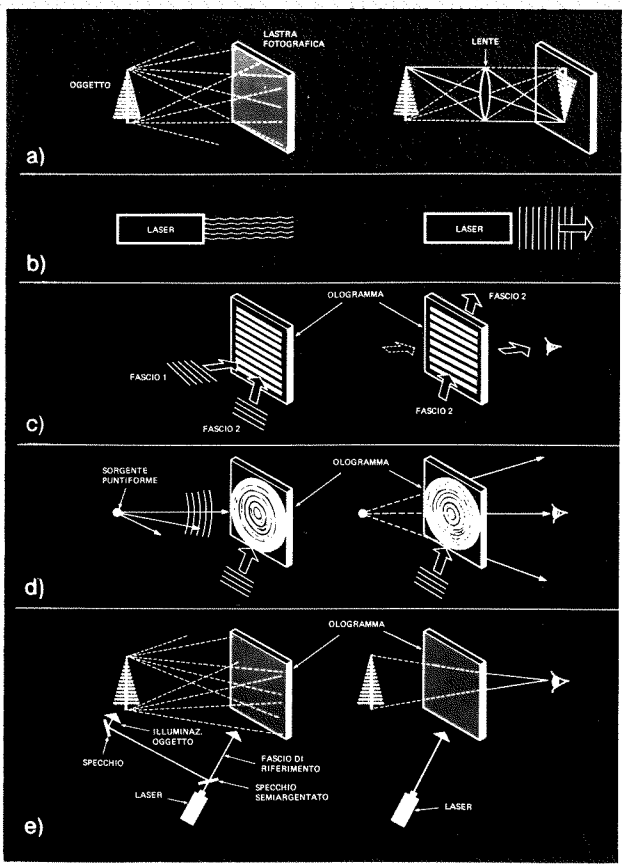


Fig. 8 — Illustrazione del concetto di olografia

posto un funzionamento di tipo seriale; ossia il fascio ottico seleziona un bit alla volta. Questo modo di operare non risulta però essere il più conveniente, soprattutto per le difficoltà di indirizzamento.
Infatti le attuali tecniche di deflessione di un fascio ottico non sono in grado di indirizzare un numero sufficientemente grande di posizioni con la precisione richiesta dall'alta densità di impaccamento dei bit. Pertanto una memoria in cui un fascio di luce indirizza un bit alla volta richiederebbe per l'accesso un movimento meccanico del substrato, analogamente a quanto avviene per le attuali memorie di massa. Una soluzione di questo tipo non sembra però sufficientemente interessante per imporsi in luogo della tecnologia magnetica oggi dominante.
L'orientamento nella utilizzazione delle memorie ottiche è pertanto quello di accedere ad un numero piuttosto grande di bit in parallelo (accesso alla «pagina»), in modo da ridurre drasticamente il numero di posizioni su cui indirizzare il fascio di luce.
Una organizzazione di questo tipo può inoltre essere proficuamente acccoppiata con una particolare tecnica di registrazione ottica che va sotto il nome di *olografia.*

La fig. 8 richiama brevemente i principi dell'olografia. Nel convenzionale processo fotografico (fig. 8a), la lente svolge la funzione essenziale di stabilire una corrispondenza univoca tra l'oggetto e la lastra sensibile; ossia la lente fa in modo che tutti i raggi proiettati da un punto dell'oggetto convergano in un punto, ed uno solo, della lastra, su cui pertanto viene ricostruita l'immagine. Senza lente non si registrerebbe immagine alcuna, perché ogni areola della lastra riceverebbe luce da tutti i punti dell'oggetto da essa visibili.
Nel processo olografico non vengono interposte lenti tra l'oggetto e la lastra; questo sistema si fonda invece sull'impiego di luce con proprietà opportune come quella emessa dal laser. Questa luce è caratterizzata dal fatto di essere monocromatica, e di presentare una coerenza spaziale e temporale. Ossia, mentre in una sorgente luminosa convenzionale non esiste una relazione nel tempo tra i fotoni emessi, il laser, invece, fornisce un flusso continuo di fotoni. Perpendicolarmente alla direzione di propagazione del fascio parallelo, i fotoni sono tutti in fase tra loro; si ha pertanto una coerenza spaziale. In definitiva, la luce emessa da un laser si può considerare costituita da una sequenza di fronti d'onda; ciò è rappresentato simbolicamente nella fig. 8b.
Se due fasci laser si intersecano su una lastra fotografica (fig. 8c), questa registra, per il noto fenomeno di «interferenza», una figura costituita da una sequenza di righe alternativamente bianche e nere. È, questa, la forma più semplice possibile di ologramma. Se la lastra viene ora illuminata dal fascio 2, come mostrato nella stessa fig. 8c, esso viene «diffratto» dal reticolo ivi registrato, per cui emerge dalla lastra non solo nella direzione originaria, ma anche in una differente: un osservatore vedrà infatti emergere dall'ologramma un fascio identico al fascio 1, sebbene questo non sia più presente.
Questo processo di «ricostruzione» si ripete anche in casi più complicati, ad esempio con una sorgente puntiforme, come mostrato nella fig. 8d. La figura registrata è in questo caso, costituita da anelli concentrici, secondo regole di ottica classica (zone di Fresnel). Se la lastra viene illuminata da un fascio parallelo, essa agisce come una lente; un'onda sferica di luce sembrerà quindi emergere da essa, anche se la sorgente puntiforme non è effettivamente presente. Quanto ora descritto vale non solo per una, ma per una molteplicità di sorgenti puntiformi come quella precedente. È pertanto possibile lo schema più generale mostrato nella fig. 8e. La luce riflessa da ogni punto dell'oggetto viene registrata sulla lastra come figura di interferenza con il fascio parallelo («fascio di riferimento»). Questo ologramma è estremamente complicato; osservata con luce normale, la lastra appare grigia e l'oggetto registrato del tutto irriconoscibile. Per ricostruire l'oggetto occorre illuminare l'ologramma col fascio di riferimento, come mostrato nella fig. 8e, a destra. Nella fig. 8e è indicato anche, schematicamente, una possibile disposizione per illuminare l'oggetto e ottenere il fascio di riferimento a partire dalla stessa sorgente di luce coerente.
In sostanza, nella fotografia convenzionale viene registrata solo l'«ampiezza» delle onde provenienti dall'oggetto, mentre le informazioni relative alla «fase» vanno perdute. (La lastra registra l'intensità della luce, che è proporzionale al quadrato dell'ampiezza). Nella olografia, invece, vengono registrate sulla lastra entrambi i tipi d'informazione: quelle relative all'ampiezza direttamente, quelle relative alla fase indirettamente, convertendole in informazioni di ampiezza

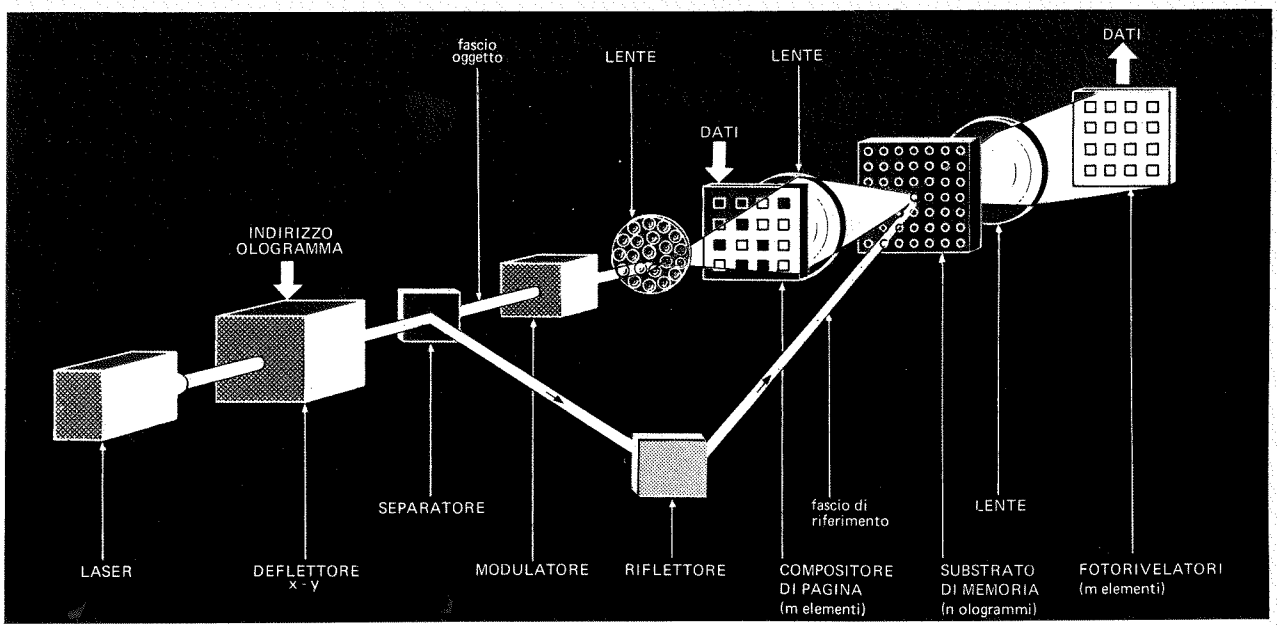


Fig. 9 — Schema di memoria olografica con substrato modificabile

mediante il fenomeno della interferenza tra le onde da registrare e un fascio di onde di riferimento.

Un ologramma presenta diverse proprietà peculiari; quella che più specificamente interessa ai nostri fini è la seguente. Come risulta intuibile dal processo descritto, la registrazione olografica di un oggetto non è localizzata, come nella fotografia convenzionale, ma è distribuita su tutta la superficie della lastra. Se si prende quindi una parte qualsiasi di un ologramma, da esso si può ricostruire l'intera immagine (se pure con minore definizione). In altri termini, la registrazione olografica è, per sua natura, enormemente ridondante. L'olografia risulta particolarmente vantaggiosa per memorizzare informazioni binarie con alta densità di impaccamento. Infatti un ologramma presenta, per quanto si è detto, sia una elevata ridondanza che una invarianza spaziale. La ridondanza riduce i requisiti del substrato di memoria, poiché piccoli difetti, graffi, particelle di polvere non causano perdite dell'informazione (come avviene nella registrazione ottica convenzionale), mentre l'invarianza spaziale riduce i requisiti di posizionamento meccanico dell'ologramma, poiché esso è insensibile a spostamenti complanari.

L'olografia non fornisce, teoricamente, una maggior densità di informazioni rispetto al sistema di registrazione convenzionale; in effetti, però, essa consente di ottenere maggiori impaccamenti perché non risente delle limitazioni pratiche prima accennate.

Uno schema che mostra i componenti di base di una memoria olografica con substrato modificabile è fornito dalla fig. 9. Vi ritroviamo un laser, come sorgente di illuminazione coerente, seguito da un deflettore statico di luce. Il deflettore dirige il fascio (oggetto) su una determinata posizione del piano di memoria, mentre un altro fascio (di riferimento), derivato dal precedente, incide sulla stessa posizione del substrato. Nel processo di *scrittura*, sul percorso del fascio oggetto viene interposto un «compositore di pagina». Esso consiste in una matrice di valvole ottiche od otturatori azionati con mezzi ottici od elettrici; questo dispositivo trasforma la «pagina» di bit da registrare in un insieme bidimensionale di elementi opachi o trasparenti alla luce. Il fascio oggetto è allargato in modo da illuminare tutto il compositore di pagina; quest'ultimo produce pertanto un insieme di macchie di luce coerente, corrispondente ai dati da memorizzare. La lente che segue il compositore di pagina raccoglie la luce da questo diffratta e la concentra (come trasformata di Fourier) nel piano di memoria dove interagisce con il fascio di riferimento, dando luogo all'ologramma. Per il substrato di memoria ed i principi fisici di registrazione vale quanto detto in precedenza; il metodo preferito rimane quello termomagnetico.

In fase di *lettura*, il fascio oggetto viene bloccato e sul substrato di memoria arriva soltanto il fascio di riferimento. Questo viene diffratto dall'ologramma e una immagine del compositore di pagina è proiettata, attraverso una lente, su una matrice di rivelatori di luce, la quale presenta le stesse dimensioni relative del compositore di pagina. Ciascun bit originariamente immagazzinato nel compositore di pagina viene pertanto a corrispondere ad un elemento del rivelatore, e da questo trasformato nel segnale elettrico corrispondente.

Va notato che in una memoria olografica la modifica di una informazione comporta la cancellazione e la riscrittura dell'intera pagina in cui l'informazione è contenuta.

L'impiego della olografia rende realizzabili in pratica sistemi di memoria ottica; in altre parole, se in futuro si useranno memorie ottiche, esse quasi certamente saranno di tipo olografico.

Si può, a questo proposito, aggiungere che la registrazione olografica oltre che in due dimensioni, come finora considerato, può essere realizzata in tre dimen-

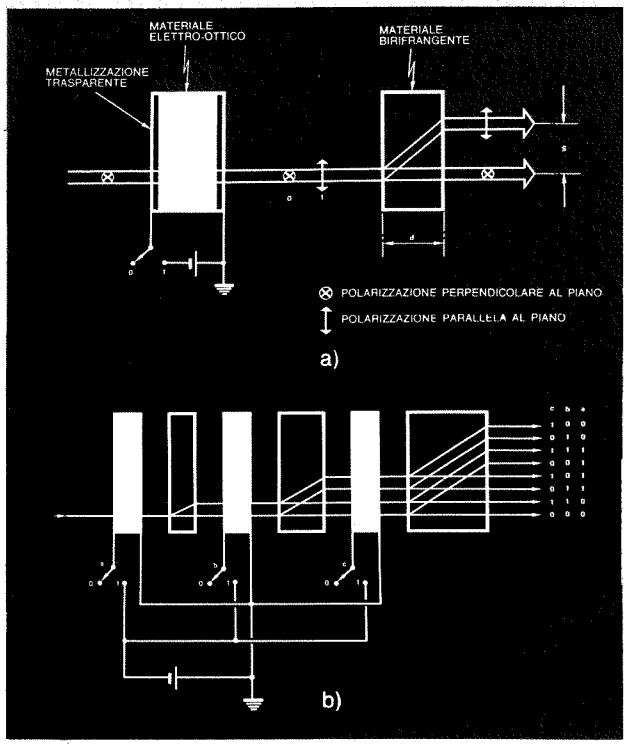


Fig. 10 — Deflessione statica di un raggio luminoso: a) cella di deflessione binaria (s=kd; nella calcite k≅0.1), b) decodificatore ottico

sioni. In un ologramma volumetrico, più ologrammi vengono sovrapposti l'uno sopra l'altro, nello spessore del substrato; ciò si ottiene usando una differente direzione del fascio di riferimento per ciascun ologramma. Si possono così registrare più pagine nello spazio fisico di una. La lettura avviene variando la direzione del fascio di riferimento, parallelamente a quanto fatto durante la registrazione.

3.3. *Problemi e prospettive*

Le memorie ottiche, anche se olografiche, presentano una serie di problemi tecnici attualmente risolti solo in parte o in modo non soddisfacente.

Una prima area di difficoltà riguarda la deflessione del fascio di luce. L'indirizzamento *statico* (ossia, senza movimenti meccanici) di un fascio di luce è oggi basato su dispositivi che sfruttano l'effetto elettro-ottico (cioè la variazione dell'indice di rifrazione del materiale per effetto di un campo elettrico) o l'effetto acusto-ottico (variazione dell'indice di rifrazione per effetto di un'onda elastica).

La fig. 10 illustra il principio di un deflettore digitale elettro-ottico. Ogni stadio del deflettore è costituito da una coppia di elementi: un cristallo elettro-ottico, che fa ruotare di 90° la direzione di polarizzazione del fascio in funzione della tensione ad esso applicata, e un cristallo birifrangente (es. calcite), che devia la direzione del fascio in funzione della polarizzazione di quest'ultimo. La tensione applicata al primo elemento (cristallo elettro-ottico) determina se il fascio deve proseguire nella direzione originaria oppure deve essere deviato; lo spessore del secondo elemento (cristallo birifrangente) determina l'ampiezza della deflessione. Il dispositivo descritto costituisce, in sostanza, un deflettore ottico binario. Mettendo in cascata N dispositivi di questo tipo, si realizza un decodificatore ottico a 2^N posizioni, lungo un asse. Un indirizzamento bidimensionale si ottiene mettendo in serie un decodificatore che sposta il fascio lungo la direzione X con uno che lo sposta lungo l'asse Y; un sistema costituito da due decodificatori del tipo precedente consente l'accesso a caso ad un substrato quadrato avente 2^{2N} posizioni.

Esistono numerosi materiali con cui realizzare deflettori del tipo descritto; sfortunatamente tutti presentano inconvenienti di vario tipo. Ad esempio, nel sistema prima illustrato, la temperatura dei cristalli elettro-ottici sale rapidamente con la frequenza di commutazione; il fascio di luce si attenua passando attraverso i successi stadi del deflettore; ecc. In definitiva, i sistemi di deflessione statica oggi noti consentono l'accesso ad un numero limitato di posizioni di memoria (attualmente, in pratica, la capacità di risoluzione bidimensionale è di circa 10^4 posizioni) e presentano seri vincoli sulla frequenza di operazione; il tempo di commutazione da una posizione ad un'altra è invece veloce (ordine dei microsecondi).

Le difficoltà dell'accesso sono ridotte dall'impiego di un sistema di selezione per pagina, come nelle memorie olografiche. Tuttavia, anche in questo caso esistono limitazioni alle dimensioni della pagina, legate da un lato al compositore di pagina, dall'altro al fotorivelatore finale. Una valutazione complessiva del problema fornisce una complessità ottimale della pagina dell'ordine di 10^4 bit. Il relativo ologramma occuperebbe un'area di circa 1 mm^2 sul substrato di memoria, alla densità limite di 10^8 bit/cm^2.

Il compositore di pagina costituisce tuttora un problema da risolvere, anche se non sembrano esistere questioni fondamentali che ne impediscano la risoluzione. Esiste una lunga lista di materiali e di metodi impiegabili, dai cristalli liquidi alle ceramiche piezoelettriche, dai materiali magneto- ed elettro-ottici a quelli termo- e foto-plastici; non sembra tuttavia facile combinare tutte le caratteristiche richieste, che vanno da una velocità di commutazione dell'ordine dei microsecondi alla capacità di riimpiego illimitato.

Il problema, infine, è ancora aperto per quanto concerne l'elemento centrale del sistema, ossia il mezzo di memoria. Anche se esistono diverse classi di soluzioni, non si è ancora trovato un materiale veramente rispondente ai vari requisiti, che presenti cioè, una adeguata combinazione di sensibilità luminosa, di velocità di commutazione, di reversibilità e di stabilità.

Tenendo conto delle limitazioni sulla potenza dei laser impiegabili, per realizzare la scrittura in breve tempo occorre disporre di un materiale altamente sensibile. Per esempio, per registrare un ologramma di 1 mm^2 in 10 microsecondi, con un laser di 1 watt, in un sistema ottico con efficienza 1%, occorre un materiale con sensibilità di 10^{-7} joules/mm^2. I materiali disponibili hanno invece sensibilità nel campo da 10^{-2} a 10^{-3} joules/mm^2. Per superare questo problema, oltre alla ricerca di nuovi materiali, si segue anche un'altra strada, si cerca cioè di realizzare strutture con due

materiali, uno dei quali costituisca l'effettivo mezzo di memoria mentre l'altro, di natura fotosensibile, introduca un effetto di amplificazione nel processo di registrazione. Una soluzione tipica, in questo senso, è l'accoppiamento di uno strato termoplastico e di uno fotoconduttore.

La struttura consiste di uno strato termoplastico in contatto con uno strato fotoconduttore, depositato sopra un elettrodo metallico trasparente, sostenuto a sua volta da un opportuno substrato. Usando un dispositivo a effetto corona, lo strato termoplastico è dapprima caricato uniformemente su tutta la sua superficie. Illuminando selettivamente la struttura ora descritta, si rende conduttivo in modo corrispondente lo strato fotoconduttore, e la distribuzione delle intensità luminose viene replicata, come distribuzione spaziale di cariche elettriche, nello spessore dello strato termoplastico.

Dopo questa fase di esposizione, si effettua il processo di registrazione termoplastica già descritto nel par. 3.1.; il materiale viene cioè momentaneamente riscaldato, in modo da permettere che esso si deformi sotto l'azione delle forze elettrostatiche. Come risultato finale, si ottiene nello strato termoplastico una immagine che replica, come modulazione di spessore (e quindi di fase), l'immagine ottica originale. È quella ora descritta una delle soluzioni oggi più promettenti per applicazioni e memorie olografiche cancellabili. Le strutture termoplastico-fotoconduttore hanno infatti la sensibilità richiesta e la risoluzione necessaria per ottenere ologrammi di alta qualità; rimangono però anche in questo caso numerosi problemi da risolvere. Tra questi, il modo di riscaldare selettivamente una singola area termoplastica, l'eliminazione degli effetti di «fatica» del materiale, la ricerca di materiali fotoconduttori sufficientemente veloci, ecc.

In definitiva, quindi, il substrato di memoria rimane un'area chiave che richiede ancora sostanziali progressi per arrivare a soluzioni effettivamente utilizzabili.

Concludendo, affinché diventino una realtà pratica le memorie ottiche richiedono ancora un imponente lavoro di ricerca e sviluppo, a partire dai materiali di base che compongono le sue parti fondamentali.

Un obiettivo delle memorie ottiche, come è già stato detto, è quello di realizzare un accesso «privo di inerzia», ossia senza movimenti meccanici, ad una larga quantità di informazioni. In che misura ciò risulta effettivamente possibile?

Tenendo conto dei vari fattori in gioco, e in particolare delle limitazioni poste dai componenti ottici del sistema (dimensioni delle lenti), si può ritenere che, con ologrammi bidimensionali, il limite pratico per un accesso puramente ottico sia dell'ordine di 10^8 bit (ad esempio, 10^4 ologrammi, ciascuno composto di 10^4 bit e occupante un'area di 1 mm^2).

L'impiego della olografia di volume potrebbe aumentare di due ordini di grandezza la capacità precedente, ossia consentire di raggiungere 10^{10} bit (si suppone cioè di poter sovrapporre circa 100 ologrammi, ciascuno di 10^4 bit, nella stessa area di 1 mm^2). Da quanto si è detto in precedenza, l'impiego della olografia di volume risulta una possibilità ancora più remota della precedente, ma di cui si può tuttavia tener conto.

Capacità superiori a quelle prospettate richiedono che una parte dell'accesso venga realizzata mediante spostamenti meccanici (ossia cambiando il substrato).

Questa soluzione, anche se meno allettante, potrebbe tuttavia presentare significativi vantaggi, in particolare di velocità, rispetto alle soluzioni tradizionali in cui l'accesso è completamente di tipo meccanico.

* * *

Il materiale di questo articolo è tratto dal libro di cui in bibliografia [3], che fa parte di una nuova collana di testi di informatica intitolata alla presente rivista (vedere "Resoconti e recensioni" a pag. 40).

* * *

4. Bibliografia

[1] D. CHEN, J.D. ZOOK, *An overview of optical data storage,* Proceed. of IEEE, agosto 1975.

[2] A.K. GILLIS, G.E. HOFFMAN, R.H. NELSON, *Holographic memories: fantasy or reality?,* National Computer Conference, 1975.

[3] F. FILIPPAZZI, *Tecnologia dell'elaboratore elettronico: situazione attuale e prospettive,* F. Angeli, Milano, 1976.

[4] N. MINNAJA, M. NOBILE, *Memorie olografiche,* Atti del 75° Congresso Naz. AEI, 1974.

[5] N. MINNAJA, *Il magnetismo e le memorie di massa,* Quaderni di Informatica n° 3, 1975.

Problemi e prospettive della traduzione automatica del linguaggio

STEFANO CRESPI-REGHIZZI
Politecnico di Milano

1. Introduzione

Il calcolatore elettronico, nato per soddisfare le esigenze del calcolo numerico, ha poi trovato sbocchi sempre più importanti in altri settori assai diversi, che possiamo chiamare non numerici.

In molti di questi settori la comunicazione tra l'utente e la macchina, che avrebbe come veicolo ideale il linguaggio umano, parlato o scritto, è stata costretta in forme artificiali per la formidabile difficoltà incontrata nell'elaborazione automatica della lingua. Ancora oggi quindi i sistemi per la consultazione e l'aggiornamento di banche di dati, quali ad esempio i servizi di prenotazione automatica, la documentazione automatica, la gestione degli sportelli bancari costringono il dialogo tra l'uomo e la macchina in forme rigidamente codificate, con gli inconvenienti di limitare la flessibilità delle richieste e la chiarezza delle risposte. Spesso per mancanza di una semplice virgola in una domanda, il sistema obbliga l'addetto alla completa riformulazione della richiesta.

Per queste ragioni non è mancato lo stimolo applicativo alle ricerche sull'elaborazione automatica del linguaggio, che d'altra parte hanno goduto negli ultimi vent'anni del favore della linguistica, della psicologia e, più recentemente, della cosiddetta intelligenza artificiale. Cercheremo qui di fare il punto della situazione attuale, attraversando con una rapida corsa le ricerche dell'ultimo quarto di secolo.

2. I primi tentativi

In questa panoramica occupano il primo posto i lavori sulla traduzione automatica (vedasi l'eccellente relazione di Locke [1]) iniziati nel 1946 con le proposte di W. Weaver, segretario della Rockfeller Foundation, e di A.D. Booth, direttore del Birkbeck College Computation Laboratory di Londra, circa la possibilità di portare nella memoria di un calcolatore un dizionario bilingue da usarsi per la traduzione parola per parola di articoli scientifici. Diversi programmi traduttori, realizzati in quegli anni secondo lo stesso principio, rapidamente ne mostrarono i limiti, dovuti all'impossibilità di scegliere il corretto significato tra le diverse accezioni di uno stesso vocabolo.

Gli anni successivi videro la realizzazione di un dizionario delle radici e delle desinenze delle parole, per tenere conto delle coniugazioni e declinazioni: ma anche il compito di riconoscere la radice di una parola si scontra con l'ambiguità (es. eléttrici, elettrìci), che può essere risolta solo da un esame del contesto. Le difficoltà incontrate convinsero i più che per ottenere dei traduttori abbastanza affidabili, fosse necessario un esame approfondito della struttura del linguaggio. Illustri scienziati come Bar-Hillel e Chomsky al MIT svilupparono una teoria matematica del linguaggio, [3], partendo dal presupposto che convenisse affrontare il problema sintattico, prima di avventurarsi nel campo irto di difficoltà della semantica.

La teoria matematica del linguaggio si basa sulla decomposizione della frase in componenti sintattici semplici (quali i sostantivi, aggettivi e avverbi) e composti, nel modo illustrato dall'albero sintattico (fig. 1). Si definisce una sintassi o grammatica formale contenente le regole seguenti:

SN → il SO
SN → AG SO
SN → il O AG
SN → SN di SN
VE → VE AV
SV → VE SN
FR → SN SV
SO → figlio
SO → cugino
SO → gatto
AG → mio
AG → siamese
VE → guardava
AV → attentamente

L'ultima regola di sinistra dice che la frase (FR) è fatta da un SN seguito da un SV, dove SN ed SV sono definiti dalle regole precedenti. Partendo da FR con un procedimento di sostituzioni successive si possono *generare* le frasi, comprendenti, oltre a quella illu-

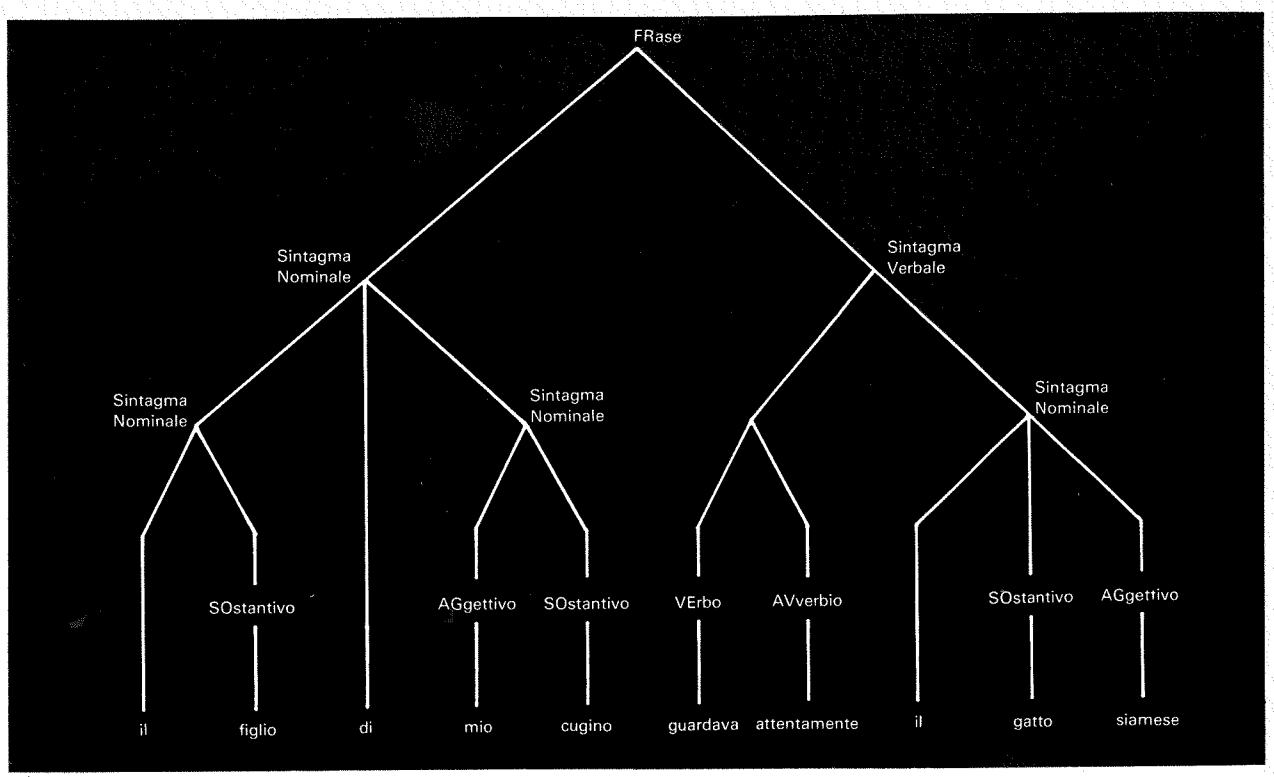


Fig. 1 - Albero sintattico

strata, infinite altre come:
il gatto guardava attentamente il figlio siamese di mio cugino
Allargando il vocabolario ed estendendo le regole si può quindi costruire, in linea di principio, una sintassi dell'italiano, che generi tutte le frasi «sintatticamente corrette» di tale lingua. Con questo strumento il compito della traduzione meccanica si decompone nelle seguenti fasi schematiche:
1) Si analizza sintatticamente la frase da tradurre cercando di costruire l'albero sintattico compatibile con la grammatica del linguaggio sorgente.
2) Per ogni componente sintattica dell'albero costruito si produce una traduzione nel linguaggio oggetto, utilizzando il dizionario bilingue.
3) I segmenti di traduzione così prodotti vengono giustapposti, permutati o inseriti gli uni negli altri, nel modo dettato dalla grammatica del linguaggio oggetto, ottenendo la frase tradotta.
Ad esempio è noto che traducendo dall'italiano in tedesco è necessario spostare il verbo alla fine della frase, cosa che si esprime con la regola:
SV → SN VE
Numerosi centri di ricerca si cimentarono nella realizzazione di programmi traduttori basati su questo approccio, ottenendo dei risultati interessanti ma di dubbia validità pratica, che però crearono nel pubblico l'illusione che il problema fosse risolto in linea di principio, e che restassero soltanto dei notevoli sforzi da farsi per la completa ingegnerizzazione dei programmi.
I finanziamenti per lo sviluppo dei traduttori piovvero abbondantemente e nel 1960 una inchiesta di Bar-Hillel [8] citava 14 gruppi negli USA, 3 in Inghilterra, 10 in URSS, 1 in Italia, 1 in Francia ed una spesa annua superiore ai 3 milioni di dollari.
Tuttavia verso il 1963 la National Science Foundation, cominciò ad accorgersi che ben pochi risultati pratici erano stati ottenuti, nonostante i 20 milioni di dollari spesi. Venne creato un apposito comitato presieduto da J.R. Pierce, con il compito di accertare le prospettive della traduzione meccanica e di raccomandare una linea d'azione agli enti finanziatori delle ricerche.Nel 1966 il verdetto del comitato, affermando che la traduzione meccanica era più lenta, meno accurata e due volte più cara della traduzione umana, segnò la condanna degli sforzi di ricerca, almeno negli USA, raccomandando allo stesso tempo un proseguimento delle ricerche sulla base computazionale della linguistica. Il peso di questo giudizio si ripercosse anche fuori dagli USA, anche se le ricerche continuarono in diversi centri.
Sembra tuttavia che almeno tre programmi per la traduzione dal russo all'inglese o viceversa siano in uso da una decina di anni, con soddisfazione degli utenti: si tratta dell'Ufficio Brevetti di Mosca, della Foreign Technology Division della US Air Force, e dell'Euratom a Ispra. In tutti i casi la notevole familiarità degli utenti con l'argomento consente di sopperire alle deficienze non soltanto grammaticali della traduzione.
Contemporaneamente alcune compagnie americane continuano lo sviluppo di programmi di traduzione, alcuni dei quali sono oggi commercialmente disponibili. Tra questi, il sistema SYSTRAN sviluppato da Peter Toma [2] della LATSEC, Inc. (California), offre le traduzioni Inglese-Russo, Cinese-Inglese, Francese-Inglese, Tedesco-Inglese.
Un inconveniente comune dei sistemi operanti sembra essere quello di richiedere un intervento umano specializzato per limare e correggere il testo prodotto.

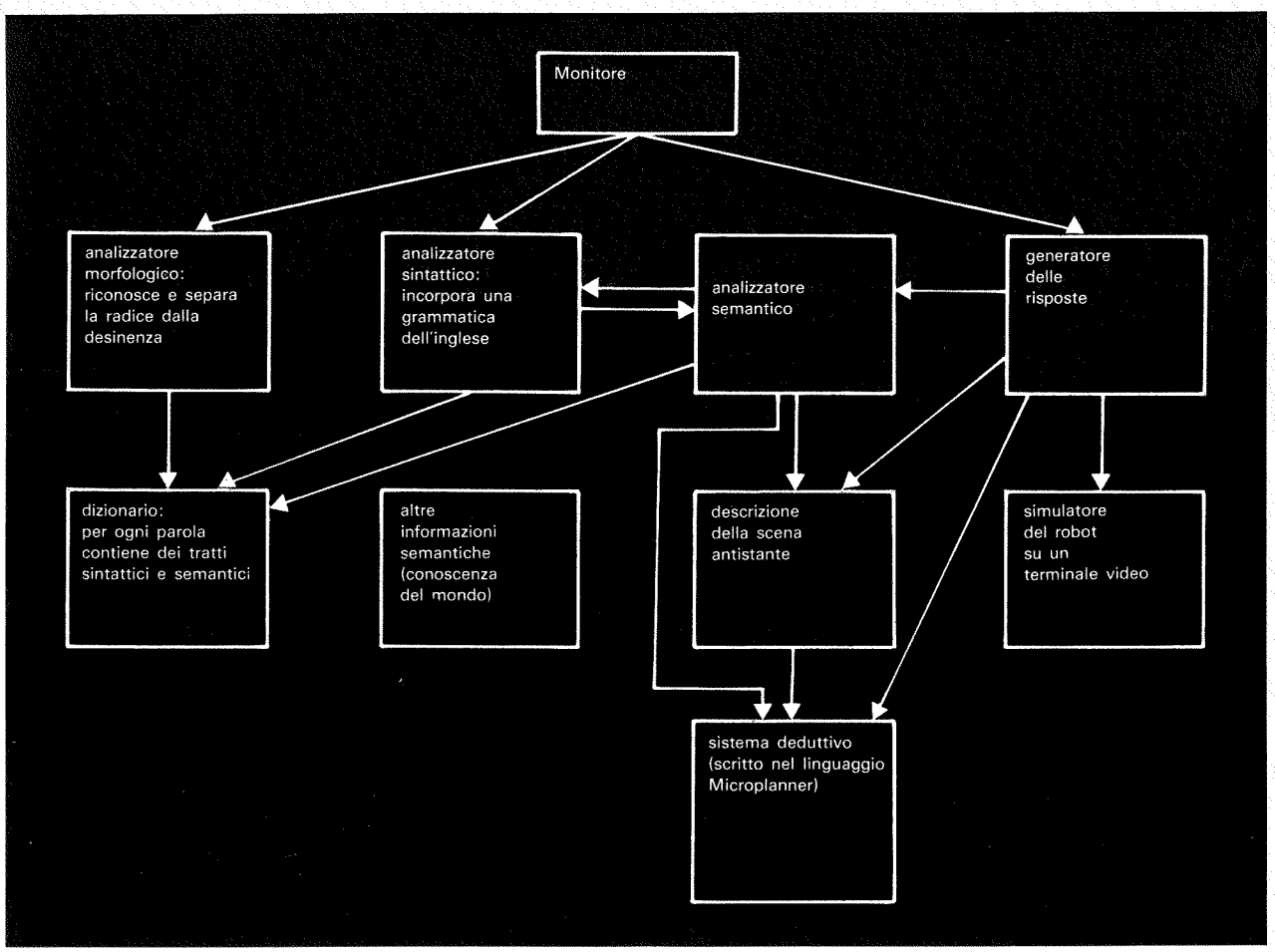


Fig. 2 - Organizzazione del programma di Winograd

Tutti questi sistemi sono basati prevalentemente sull'approccio che Garvin chiama «forza bruta»: si ha a disposizione un enorme dizionario di vocaboli, o addirittura di frasi intere (eventualmente parametrizzate in qualche parte) e si cerca di far pareggiare le parti della frase da tradurre con gli elementi del dizionario. Non sembra oggi impossibile che, con il progresso della tecnologia delle memorie, questi sistemi possano essere perfezionati fino a divenire praticamente accettabili.

3. Verso una comprensione approfondita della lingua

Tuttavia la loro stessa concezione ne limita l'impiego alla traduzione, precludendo altre applicazioni che richiedano la comprensione del testo, ad esempio per l'interrogazione di una banca di dati.

Infatti, ai fini della traduzione può non essere necessaria una comprensione completa del tasto. Ad esempio per tradurre in inglese la frase «i soldati sparano ai bambini e molti di *essi* caddero», non è necessario capire che «essi» si riferisce ai bambini. Si noti però che per tradurre in italiano la frase: «the soldiers fired at the girls and many of them fell» è necessario riconoscere che sono le ragazze e non i soldati a cadere, al quale fine è richiesta una conoscenza più profonda del significato delle parole.

Ritornando al problema della comunicazione tra utente e calcolatore, molti si sono posti l'obiettivo di realizzare sistemi capaci di comunicare a viva voce. Mentre il problema della sintesi del parlato, ossia della trasformazione di una frase memorizzata in messaggio vocale, ha trovato diverse soluzioni, di cui le più semplici sono basate sulla giustapposizione di segmenti vocali contenuti in un dizionario di sillabe o fonemi, ancora problematica è la possibilità di realizzare un riconoscitore del parlato [4]. Infatti il fallimento del tentativo di realizzare apparecchi elettronici a filtri capaci di riconoscere i fonemi della parola ha dimostrato che le variazioni nell'accento e nella pronuncia di uno stesso individuo o, peggio, di più individui, cancellano la distinzione tra i diversi fonemi. Oggi è quindi opinione comune che per riconoscere il parlato sia necessario capirlo: non si può realizzare una macchina per dettare che sia priva di cultura, almeno grammaticale.

Nell'ambito delle ricerche di intelligenza artificiale non stupisce certo che il problema della lingua, ritenuta da Cartesio l'elemento distintivo dell'intelligenza dell'uomo rispetto a quella delle bestie, abbia attirato l'attenzione di molti. Le ricerche in questo campo si orientano per lo più verso «toy problems», ossia piccoli problemi idealizzati, allo scopo di collaudare dei metodi che potranno essere domani applicati a problemi reali. Tra i più famosi «giocattoli» di questo tipo sta il programma di T. Winograd [5] per l'analisi e l'esecuzione di ordini dati ad un robot, relativi alla manipolazione di solidi geometrici posti su un tavolo.

Ad esempio l'ordine: «trova un blocco più alto di quello che stai tenendo e ponilo nella scatola» viene correttamente eseguito dalla mano (in realtà soltanto simulata) del robot, che naturalmente ha accesso ad una memoria contenente la descrizione della scena antistante. Il programma è composto di vari moduli (per un totale di 68K parole del PDP-10), che si richiamano nel modo indicato dalle frecce di fig. 2.
Rispetto ai precedenti tentativi di analizzare la lingua, questo si distingue per l'uso integrato dell'analisi sintattica e semantica, quest'ultima guidata da un potente sistema deduttivo. Ad esempio, nell'analisi solamente sintattica della frase: «Mario ha attraversato la strada nella macchina» sarebbe anche possibile l'interpretazione: Mario ha attraversato (la strada nella macchina). In frasi più lunghe lo stesso fenomeno ingigantito provocherebbe una esplosione nel numero di alberi sintattici della frase, ed una grave inefficienza. Invece, l'analizzatore semantico scarta subito la seconda interpretazione perché le informazioni semantiche del dizionario dicono che una strada non può essere contenuta entro una macchina, mentre un uomo (Mario) può. In altri casi sono necessarie delle deduzioni, basate sulla conoscenza della scena antistante, per risolvere delle ambiguità interpretative.
È certo che il clamoroso successo di questo progetto è dovuto alla scelta del mondo-giocattolo particolarmente semplice, che consente una descrizione maneggevole della scena antistante. Nella memoria sono presenti le coordinate e descrizioni dei solidi (parallelepipedi, sfere, scatole e piramidi) che giacciono sul tavolo ed alcune informazioni sulle relazioni spaziali di uso più frequente (contenimento, sostenimento, etc.).
Tra i laboratori industriali di ricerca impegnati nell'analisi del parlato e della lingua spicca oggi la Bolt, Beranek and Newman (BBN) di Cambridge/Mass., che sotto la guida di Woods [6] ha realizzato dei programmi per l'interrogazione di banche di dati in inglese. Il progetto più noto è quello per l'accesso ai dati relativi ai frammenti di rocce lunari [6]: il programma, che è stato collaudato da un gruppo di geologhi con qualche successo, è piuttosto ristretto nel vocabolario e nella sintassi. Anche questo lavoro è stato programmato in Lisp ed utilizza per l'analisi della frase lo stesso approccio integrato di Winograd, nella forma dei diagrammi di transizione estesi [7].
Dopo questi lavori pionieristici, che hanno dimostrato la possibilità di analizzare automaticamente dei piccoli sottosistemi dell'inglese, quando il dominio semantico del discorso sia ridotto ad un piccolo mondo fisico, sono fioriti negli USA numerosi progetti analoghi, mentre è in corso uno sforzo di razionalizzazione delle metodologie di progetto. In particolare il laboratorio di ricerca della Xerox Data Systems, sotto la guida di D. Bobrow e M. Kay è impegnato nel tentativo di sviluppare un metodo di progetto che sia parametrico rispetto alla scelta del vocabolario, ossia del dominio semantico.
Un altro obiettivo che periodicamente ricompare nella ricerca è quello della programmazione in linguaggio naturale.
La nascita del Cobol nel 1960 intendeva venire incontro agli utenti non scientifici, fornendo loro uno strumento di programmazione il più vicino possibile all'inglese. Tuttavia, per le difficoltà inerenti all'ambiguità della lingua umana, il Cobol dell'inglese ha soltanto poche frasette stereotipate, e la modestissima flessibilità data dalla presenza nel linguaggio di alcuni sinonimi che consentono formulazioni alternative di una stessa frase. Più tardi Bar-Hillel [8] sottolineava l'estrema rigidezza dei linguaggi programmativi in confronto ai naturali.
Il linguaggio programmativo è un codice irridondante, che raramente conserva il significato quando si altera anche soltanto una virgola nel programma; per questo sono sterili i tentativi di incorporare nei compilatori delle procedure per la correzione automatica degli errori di programmazione. Una tendenza oggi in corso è quella di progettare dei linguaggi di altissimo livello dotati almeno in parte della flessibilità della lingua umana, pur senza le ambiguità indesiderabili di essa (vedasi ad esempio [9]).

4. Le ricerche contemporanee

Una nostra rassegna sarebbe incompleta senza la descrizione di due importanti lavori, entrambi ispirati all'analisi semantica del linguaggio: il traduttore inglese-francese di Y. Wilks e A. Herskovits [10, 11, 12] e il parafrasatore-deduttore di R. Schank [13].
Nel progetto di Wilks, ogni senso di un vocabolo ha una descrizione in termini di *primitive semantiche*; ad esempio «bere» è rappresentato dalla struttura (fig. 3) che definisce «bere» come un'azione che causa (CAUSE) il movimento (MOVE) di un oggetto liquido (FLOW STUFF), da parte di un agente animato (ANIMATE SUBJECT), verso l'interno dello stesso agente (TO SELF IN), attraverso un'apertura (THROUGH PART) dello stesso agente.
Le primitive semantiche sono circa 80, tra le quali citiamo le azioni CAUSE, FEEL, PICK, SENSE, TELL, USE, MOVE, FORCE, STRIKE; e le entità MAN, STUFF, SING, FOLK, POINT.
Nell'analisi di una frase come «John beve il vino», ogni vocabolo è rappresentato da una struttura, e l'analizzatore ha il compito di trovare nella frase le componenti che soddisfano le prescrizioni insite in ogni struttura, verificando, ad esempio, che ci sia nella frase un animato e un oggetto liquido. Tuttavia le prescrizioni indicano soltanto delle *preferenze*, in quanto molto spesso si hanno dei sensi traslati di una parola come in «il legno secco beve molta vernice» o «John ha bevuto la storia», dove rispettivamente cadono le prescrizioni che il soggetto sia animato o l'oggetto sia liquido. Il sistema sceglie la rappresentazione della frase che soddisfa il maggior numero di prescrizioni, pesate con certe priorità. In seguito la rappresentazione guida la generazione del testo francese, associando al senso prescelto per ogni vocabolo inglese una lista di stereotipi, che nel caso più semplice sono dei vocaboli francesi con l'indicazione del genere, come in:

INGLESE	FRANCESE
private	(MASCHILE simple soldat)

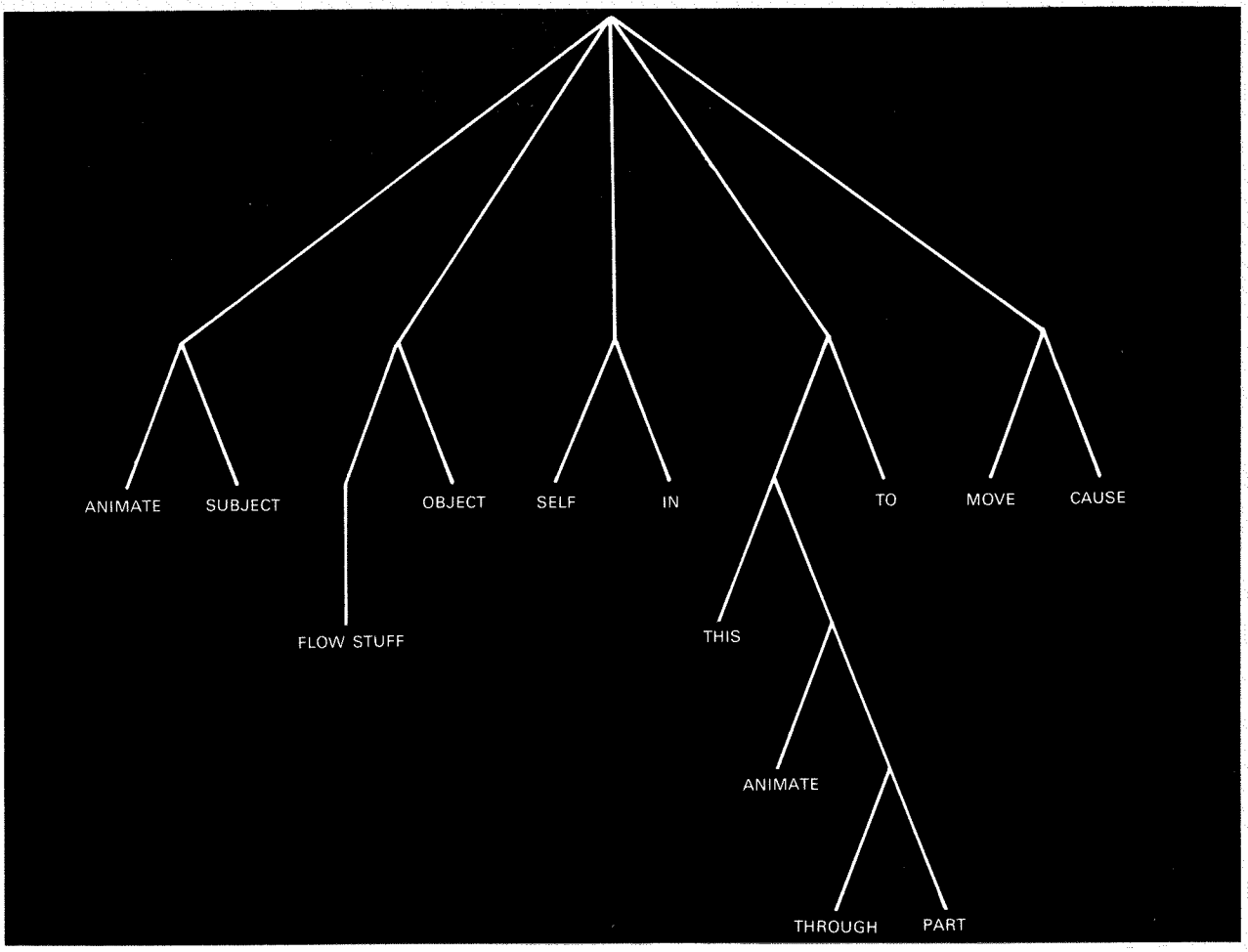


Fig. 3 - La definizione di «bere» secondo Wilks

build (construire)
brandy (FEMMINILE eau de vie);
mentre altrove si hanno più scelte come in:
advise (conseiller à OGGETTO UOMO)
(conseiller)

La prima scelta si fa se l'oggetto di «advise» è della categoria UOMO (come richiesto nella frase «I advised my children to leave» = «J'ai coinseillé à mes enfants de partir»), altrimenti la seconda scelta traduce «I advise patience» in «Je conseille la patience».
Il traduttore è in operazione da vario tempo sulla rete di calcolatori ARPA e produce una traduzione molto buona per un vocabolario di circa 600 parole di uso comune, anche per frasi di considerevole lunghezza.
Anche il lavoro di Schank e collaboratori si basa sulle primitive semantiche, ora scelte in modo alquanto diverso da quello di Wilks. La teoria della *dipendenza concettuale*, proposta da Schank, afferma che il significato della frase può rappresentarsi mediante una rete di concetti primitivi, illustrata per l'esempio «John colpì la ragazza a fucilate» in fig. 4.
In altre parole, l'agente John ha compiuto un'azione appartenente alla classe primitiva PROPEL sull'oggetto (sottinteso nella frase) «pallottole»; l'oggetto è andato dall'origine «fucile» alla destinazione «ragazza»; l'azione ha causato la relazione di PHYSICAL CONTAINMENT tra la pallottola è la ragazza. Il sistema finora realizzato [13] è in grado di costruire la concettualizzazione soltanto di semplicissime frasi inglesi di cui poi produce delle parafrasi o deduzioni. Nel nostro esempio verrebbero probabilmente prodotte le parafrasi e deduzioni: «John ferì la ragazza col fucile», «John voleva fare del male alla ragazza», etc., che richiedono anche un'analisi temporale degli eventi.
Il progetto descritto comprende un analizzatore semantico, un sistema per la creazione e gestione della memoria ed un generatore delle parafrasi e deduzioni.
L'affermazione dell'autore che i diagrammi concettuali sono indipendenti dal linguaggio sorgente pare confermata dal lavoro svolto da altri per la lingua tedesca, mentre non sembra dimostrabile la pretesa che questa teoria sia un modello del pensiero umano.
Gli esempi finora illustrati si riferiscono al mondo degli oggetti e delle azioni fisiche, ma qualche tentativo di rappresentazione anche di concetti astratti è stato fatto.
Ricordiamo che Shank postula l'esistenza di una memoria a breve termine e di una memoria a lungo termine. Inoltre lo stato degli esseri umani è rappresentato in un iperspazio avente come coordinate la felicità, la salute, l'attenzione, l'irritazione, etc. Riportiamo in Fig. 5 l'analisi alla Shank della frase «John wants Mary»; la parafrasi letterale della figura è: «nella memoria a lungo termine di John trovasi l'informazione che il trasferimento da parte di Mary di Mary stessa da luogo ignoto verso John causerebbe

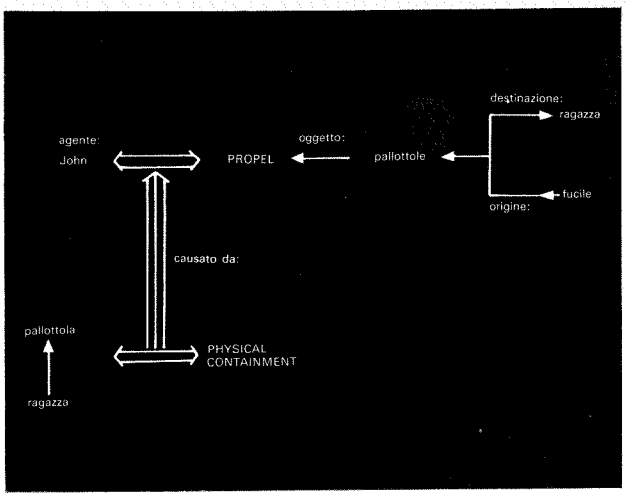


Fig. 4 - La concettualizzazione di una frase secondo Schank

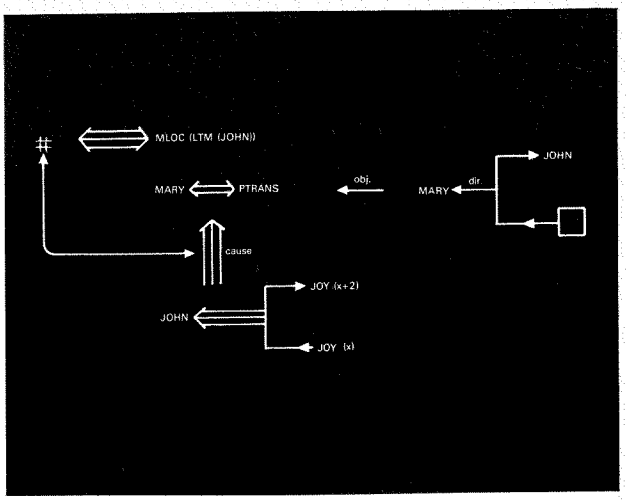


Fig. 5 - La concettualizzazione di una frase astratta secondo Schank
MILOC = trovarsi (di una informazione)
LTM = memoria a lungo termine
PTRANS = trasferimento fisico
obj = oggetto di un'azione
dir = origine e destinazione dell'oggetto trasferito
cause = nesso causa-effetto
Joy = coordinata della felicità

l'incremento della felicità di John di due unità».
Per l'aspetto progettistico che qui ci interessa, e cioè la possibilità di realizzare dei programmi per la comprensione della lingua la proposta di Schank non sembra eccessivamente promettente.
Infatti, da un lato l'insieme delle primitive proposte (PROPEL, INGEST, EXPEL, MOVE, MEMORY-TRANSFER,...) è in continua evoluzione, per le inadeguatezze che via via si scoprono. Dall'altro lato non sembra ci sia un limite all'approfondimento della rappresentazione concettuale della frase, dato che si possono aggiungere catene causali di infinita lunghezza.
Questo progetto, ancora più di altri, presenta al lettore ed al critico la difficoltà di capirne la portata ed i limiti. Infatti la pur copiosa documentazione consiste di esempi di funzionamento, di descrizioni, in termini psicologici e antropomorfi, dell'algoritmo di analisi, e di... molte migliaia di istruzioni scritte in Lisp. Risulta quindi arduo confrontare un progetto con un altro, od anche estrarre e riconoscere gli aspetti più innovativi e promettenti di un particolare sistema.
Esaminando da ultimo le tendenze più recenti [15], si delinea una critica ai sistemi basati su un piccolo numero di primitive semantiche [10], legata all'osservazione sperimentale che il numero delle primitive necessarie per approssimare adeguatamente il significato del linguaggio cresce in modo proporzionale con il numero di frasi trattate: nella metafora di Wilks, le primitive sono un modello in scala 1:1. Pertanto sembra smisurato e vano il compito di codificare l'intera lingua umana per mezzo di primitive.
Un altro ordine di critiche viene dalla necessità di dotare il programma di conoscenze extralinguistiche di natura culturale, estendentisi dalle leggi naturali alle consuetudine sociali. Tali conoscenze, la cosiddetta *enciclopedia*, servono per la comprensione delle frasi più complesse o soprattutto per compiere delle deduzioni. Così, nell'esempio di Winograd, «i consiglieri comunali proibirono la manifestazione degli studenti perché essi (temevano/incoraggiavano) le violenze», il pronome «essi» ha diverso riferimento a seconda della scelta del verbo, ma certamente occorre una cultura politico-sociale per fare la distinzione. Possiamo ritenere che le strutture che abbiano visto nel dizionario di Wilks (fig. 3) siano un embrione dell'enciclopedia ma in generale, per compiti più complessi della traduzione, occorre una rappresentazione molto più completa, che nessuno oggi sa dire in che modo possa organizzarsi.

5. Conclusione

Per portare una nota di motivato ottimismo voglio citare un esempio che mostra come, nonostante le incertezze e gli insuccessi parziali, un notevole progresso sia stato compiuto in questi anni. Nel 1958 Bar-Hillel portò il seguente esempio per dimostrare che la traduzione meccanica era praticamente impossibile. «Little John was looking for his toy box. Finally he found it. The box was in the pen. John was very happy».
Ricordando che «pen» significa «penna» e «recinto per bambini», egli sosteneva l'impossibilità pratica di realizzare un programma che assegnasse a «pen» il giusto significato. Ma la semantica preferenziale di Wilks [11] è perfettamente in grado di fare questa

distinzione perché dei due sensi di «pen» presenti nel vocabolario è il secondo che, inserito nel contesto dell'esempio, soddisfa il maggior numero di preferenze.

In conclusione credo però che saranno necessari diversi anni di lavoro prima che si possa disporre di programmi per l'analisi automatica di una lingua completa. I punti più importanti da investigare sono a mio avviso i seguenti:

— metodi integrati sintattici e semantici per l'analisi della frase;
— organizzazione del dizionario e dell'enciclopedia
— metodi di deduzione automatica.

Il primo punto rientra nei tradizionali interessi della linguistica, il secondo tocca gli aspetti dell'organizzazione di larghe banche di dati strutturati e può forse ispirarsi alla psicologia (ad esempio agli studi sulle associazioni semantiche) e perfino all'antropologia culturale. Infine, il terzo punto può giovarsi delle ricerche sulla dimostrazione automatica di teoremi.

Più a lungo termine, potrà essere proficuo lo studio dell'apprendimento del linguaggio nel tentativo di realizzare dei sistemi che da soli costituiscano la rappresentazione interna delle informazioni necessarie all'analisi.

Tuttavia queste previsioni non escludono che alcuni risultati parziali di validità pratica possano ottenersi a medio o breve termine, sia con la realizzazione di analizzatori di vocabolario ridotto e specializzato, sia con un miglior adattamento all'uomo degli attuali linguaggi di comunicazione con l'elaboratore. Del resto la storia ha già dimostrato che i modelli studiati per il linguaggio umano hanno trovato significative applicazioni nel campo dei linguaggi programmativi.

Bibliografia

[1] LOCKE W., «*Machine translation*», in Encyclopedia of Library and Information Science (in corso di stampa).

[2] TOMA P., «*Computer translation: in its own right*», in Kommunikationsforschung und phonetik, 50, 1974.

[3] CHOMSKY N., «*Saggi linguistici*», Vol. 1, 2, 3, Boringhieri, Torino 1969.

[4] NEWELL, A., *et al* «*Speech understanding systems, Final report of a Study Group*» North-Holland, New York 1973.

[5] WINOGRAD T., «*Understanding natural language*», Academic Press, New York, 1972.

[6] WOODS W., e KAPLAN, R.M. «The lunar sciences natural language information system», Bolt Beranek and Newman Inc, Cambridge, Mass, Report No. 2182, 1971.

[7] WOODS W. «Transition network grammars for natural language analysis», *Comm. ACM,* 13,10,1970, p. 591-606.

[8] BAR-HILLEL Y., «Communication and argumentation in pragmatic languages», in *Linguaggi nella società e nella tecnica*, Edizioni di comunità, Milano, 1970.

[9] SCHWARTZ J.T., «On programming: an interim report on the SETL project», New York University, 1973.

[10] WILKS Y. «Seven theses on artificial intelligence and natural language», Fondazione Dalle Molle per gli studi linguistici e di comunicazione internazionale, Castagnola, 1975.

[11] WILKS Y. «*An intelligent analyser and understander for English*», *Comm. ACM, 1975.*

[12] HERSKOVITS A., «The generation of French from a semantic representation», Stanford Artificial Intelligence Project Memo N° 212, 1973.

[13] SCHANK R., GOLDMAN N., RIEGER C., RIESBECK C., «Inference and paraphrase by computer», *Journ, ACM,* 22, N° 3, 1975, p. 309-328

[14] SCHANK R. (ed.) «*Computer models of thought and language*», Freeman, San Francisco 1973.

[15] SHANK R., e NASH-WEBBER B.L., Atti del convegno su «*Theoretical issues in natural language processing*», Cambridge, Mass. 1975.

Prospettive didattiche dell'Informatica

MARIO ITALIANI
Istituto di Scienza dell'Informazione
Università degli Studi di Torino

1. Introduzione

Lo sviluppo tecnologico di questi anni e le trasformazioni sociali che hanno interessato il nostro paese insieme con molti altri, hanno portato in primo piano il problema dell'istruzione, la cui richiesta è aumentata a tutti i livelli, e di conseguenza hanno messo in discussione i metodi e gli strumenti fin qui impiegati nella didattica.
Da qualche tempo si è iniziato quindi un ampio dibattito sul ruolo che può essere svolto nell'insegnamento dalle cosiddette "tecnologie didattiche", cioè da quelle apparecchiature che possono coadiuvare l'insegnante nella propria attività. Dall'introduzione di tali apparecchiature non si può ovviamente attendere la soluzione dei gravi e numerosi problemi dell'istruzione; tuttavia il loro impiego può permettere il raggiungimento di obiettivi realistici, ma di grande importanza, quali:

— migliorare la qualità dell'insegnamento, colmando almeno in parte le lacune dovute alla eventuale scarsa capacità didattica o alla preparazione non adeguata degli insegnanti;

— garantire un insegnamento aggiornato sia sul piano metodologico che sul piano dei contenuti;

— favorire il raggiungimento di un livello minimo di risultati, in modo il più possibile indipendente da situazioni locali.

Ovviamente quando si parla di tecnologie didattiche ci si può riferire ad una vasta serie di apparecchiature che vanno da quelle di costo limitato, come le lavagne luminose, i proiettori di diapositive e i libri realizzati con le tecniche di istruzione programmata, a quelle di costo più consistente, come le apparecchiature cinematografiche, le videocassette, la televisione a circuito chiuso e le cosiddette "macchine per insegnare", fino agli strumenti dell'informatica che ovviamente in questa scala di costi occupano il gradino più alto.

2. Informatica e didattica

In merito al ruolo che l'informatica può svolgere in campo educativo è opportuno osservare anzitutto che l'informatica può essere un importante strumento non solo nelle attività strettamente didattiche, ma anche a livello di pianificazione della politica scolastica e a livello di gestione amministrativa in senso lato delle strutture scolastiche.
Lo studio di questo tipo di problemi non rientra tuttavia negli scopi del presente articolo che nel seguito rivolgerà la propria attenzione agli impieghi essenzialmente didattici dell'Informatica.
I modi di utilizzare il calcolatore e le tecniche informatiche come strumenti didattici possono essere schematizzati nelle seguenti categorie:
a) come strumenti ausiliari dell'insegnamento tradizionale mediante lo svolgimento di esercitazioni, la simulazione di sistemi dinamici, la conduzione di giochi matematici;
b) come strumenti per la gestione di corsi realizzati con le tecniche dell'istruzione programmata;
c) come strumenti per accertare e valutare il livello di apprendimento e quindi per aggiustare la strategia dell'insegnamento.
Ai primi due tipi di impiego si associa molto spesso il nome di "Computer Assisted Instruction" (CAI), nome che sottolinea come, nel processo di insegnamento, al calcolatore viene assegnato il ruolo di strumento, mentre il terzo tipo di applicazione rientra in una categoria che va sotto il nome di "Computer Managed Instruction" (CMI).
È utile sottolineare che l'efficacia didattica dell'impiego del calcolatore è quasi sempre condizionata alla sua possibilità di colloquiare in modo interattivo e individualizzato con gli studenti mediante l'uso di un numero più o meno elevato di terminali.
Senza questa possibilità il calcolatore, pur rimanendo una apparecchiatura indispensabile in un certo numero di insegnamenti, non può essere considerato uno strumento didattico di interesse rilevante.

3. Il calcolatore come strumento ausiliario all'insegnamento tradizionale

Questo primo modo di impiego del calcolatore nell'istruzione è fra quanti ora elencati quello accettato con maggior entusiasmo, del resto giustificatamente, da tutti gli insegnanti in quanto il calcolatore viene utilizzato soprattutto come strumento dotato di elevatissima capacità di calcolo, ma non interferisce sostanzialmente nel rapporto studente-insegnante, il quale ultimo conserva inalterata tutta la sua autonomia didattica.

In questo settore si possono far rientrare applicazioni e modi di uso piuttosto disparato che ora verranno esaminati in qualche dettaglio.

Addestramento ed esercitazione

Nella terminologia anglosassone, ovviamente molto in uso, questo tipo di impiego del calcolatore viene detto "drill and practice". Esso è rivolto all'ottenimento di determinate capacità pratiche, dopo che l'insegnante ha esposto i concetti in forma tradizionale.

Un corso di esercitazioni di questo tipo è costituito da una successione generalmente rigida di esercizi di difficoltà graduata che lo studente è chiamato a risolvere uno dopo l'altro. Il calcolatore colloquia interattivamente con lo studente operante ad un terminale ponendogli problemi piuttosto elementari, controllando l'esattezza della risposta e correggendo le risposte errate.

Questo tipo di impiego può essere utile in quegli argomenti in cui la acquisizione di una abilità individuale è particolarmente importante, come ad esempio l'aritmetica: in tali casi il fatto che lo studente abbia di fronte una macchina che si adegua alla sua velocità di risposta, che può ripetere le domande e correggere senza impazienza le risposte, può essere un fattore didatticamente efficace.

Problem solving

Questo termine anglossassone è largamente utilizzato e di ovvia comprensione. In questo tipo di impiego il calcolatore segue e aiuta lo studente nello svolgimento di esercizi che possono essere anche di una certa complessità, ma lo scopo, più che la risoluzione dell'esercizio in sé, è la illustrazione di nozioni e la deduzione di principi.

Ad esempio nello svolgimento di esercizi di matematica numerica è possibile mettere in evidenza con efficacia le nozioni di convergenza di una serie, di errore di troncamento e di arrotondamento, confrontare sperimentalmente vari metodi iterativi per la risoluzione di un sistema lineare e così via.

Simulazione e giochi

Come è noto un calcolatore può essere impiegato per la simulazione di sistemi dinamici a variazione continua o a variazione discreta. Infatti un processo che nella realtà si svolge in tempi anche molto lunghi può essere simulato su un calcolatore in tempi estremamente brevi e con risultati in generale soddisfacenti.

Mentre nei sistemi a variazione continua la variabile tempo avanza in modo uniforme per tutte le componenti del sistema, nei sistemi a variazione discreta i mutamenti sono provocati da "eventi" che si presentano ad intervalli di tempo prevedibili a priori (modelli deterministici) o non prevedibili (modelli stocastici).

È quindi del tutto ovvio che la simulazione mediante calcolatore può avere interessantissime applicazioni nell'insegnamento per illustrare le conseguenze che certe scelte possono avere in un problema economico ed organizzativo e per verificare la validità di un algoritmo o di un modello matematico.

Il ruolo del calcolatore nello svolgimento di giochi matematici è abbastanza analogo, anche se gli obbiettivi sono in generale molto più modesti e possono limitarsi al riconoscimento dell'esistenza di una strategia vincente e alla sua individuazione.

4. Il calcolatore come strumento per l'istruzione programmata

Questo tipo di impiego del calcolatore ha suscitato e suscita maggiori perplessità ed indubbiamente presenta aspetti innovativi rispetto all'insegnamento tradizionale, in quanto esclude sostanzialmente l'insegnante in alcune fasi del processo di apprendimento.

L'istruzione programmata ha sollevato notevole interesse in questi ultimi anni, soprattutto dopo gli studi di B. F. Skinner, e anche se i risultati fin qui ottenuti tramite i testi programmati e le macchine per insegnare non sono stati travolgenti, tuttavia i principi su cui si basa hanno dimostrato una loro validità.

Può essere utile riassumere brevemente i principi dell'istruzione programmata secondo Skinner in modo da chiarire la terminologia in uso.

Una lezione programmata o più semplicemente un "programma" è costituita da una successione di unità elementari che sono chiamate "frames", ciascuna delle quali fornisce allo studente una piccola quantità di nozioni, anzi in generale una sola nozione elementare.

Dopo ogni "frame" il programma pone allo studente una o più domande alle quali egli deve fornire una risposta che nel metodo di Skinner deve essere "costruita", nel senso che non è semplicemente una scelta fra più risposte prefabbricate.

Il supporto sul quale sono esposte le nozioni può essere semplicemente un libro opportunamente strutturato oppure una cosiddetta "macchina per insegnare", cioè un dispositivo in grado di visualizzare un "frame" alla volta e di controllare l'esattezza delle risposte. Tale controllo dovrà essre fatto dallo studente stesso nel caso di un libro programmato.

Se la risposta fornita dallo studente è errata, essa viene corretta, mentre se è esatta lo studente riceve una approvazione che costituisce una vera e propria azione di "rinforzo", cioè una forma di ricompensa che stimola l'impegno successivo.

In ogni caso, completato il controllo della risposta, è previsto il passaggio al "frame" successivo che viene esposto secondo gli stessi criteri.

Un metodo che prevede l'individuazione della risposta esatta tra più risposte alternative predisposte dall'autore della lezione programmata è stato proposto da N.A. Crowder. Il metodo di Crowder si differenzia inoltre da quello di Skinner per il fatto che i "frames" sono più consistenti e soprattutto per la presenza di

ramificazioni correttive. Questo significa che in corrispondenza delle risposte errate, il metodo di Crowder prevede una retro-azione correttiva che può essere diversa in funzione del tipo di errore.
Nel caso di insegnamento programmato esposto tramite un libro, Crowder ha infatti proposto una struttura particolare di testo in cui ogni pagina contiene un solo "frame" seguito da una domanda con un gruppo di risposte alternative. Il materiale è poi distribuito nel libro non sequenzialmente, ma alla rinfusa e lo studente è rinviato alla pagina che corrisponde alla risposta scelta. In tal modo mentre lo studente che fornisce sempre la risposta esatta percorre un determinato numero di pagine, cioè un determinato "itinerario" nel libro, lo studente che fornisce anche risposte errate percorre un itinerario più complesso. Ovviamente i metodi di Skinner e di Crowder possono dar luogo a numerose varianti, le quali tuttavia non alterano i concetti fondamentali dell'istruzione programmata che possono essere così sintetizzati:

- materia suddivisa in passi elementari
- domanda dopo ogni passo elementare e quindi intervento attivo dello studente ad ogni passo per costruire (Skinner) o scegliere la risposta (Crowder)
- rinforzo immediato ad ogni risposta
- velocità di svolgimento proporzionale alle capacità individuali.

Detto quanto sopra è del tutto evidente che un calcolatore elettronico si presta ottimamente, se si prescinde per ora dai problemi di costo che saranno affrontati in seguito, alla presentazione dei "frames" su un terminale di qualsiasi tipo, al controllo delle risposte ed alla gestione di un corso che presenta ramificazioni. In generale anzi un calcolatore di medio-grande potenza è in grado di gestire contemporaneamente più corsi programmati ai quali accedono decine o anche centinaia di studenti nello stesso tempo.
Prima di passare ad esaminare altri aspetti dell'impiego dei calcolatori nell'istruzione è opportuno sottolineare come anche nelle applicazioni realizzate con le tecniche dell'istruzione programmata, l'insegnante non viene escluso dal processo di apprendimento. Infatti, se è vero che il colloquio si svolge tra calcolatore e studente tramite apparecchiature terminali, è anche vero che tale colloquio si svolge secondo il programma impostato dall'insegnante, il quale assume in questo tipo di attività le funzioni di autore e definisce la struttura del corso, prevede le risposte dello studdente, decide i comportamenti in caso di errore, pianifica le azioni di rinforzo.
In realtà, anzi, un corso programmato dovrebbe essere progettato o realizzato non da un singolo insegnante, ma da una equipe di esperti, che può garantire la qualità dei contenuti ed evitare dannose improvvisazioni.

5. Il calcolatore come strumento per valutare il livello di apprendimento

Questa applicazione rientra in una categoria cui appartengono le applicazioni aventi lo scopo di fornire agli insegnanti informazioni e indicazioni per aggiustare la strategia da eseguire nello svolgimento della loro attività verso determinati gruppi di studenti e verso singoli individui.
Tale categoria di applicazioni è nota, come si è anticipato, sotto il nome di "Computer Managed Instruction", e la valutazione del livello di apprendimento è ovviamente lo strumento essenziale per la raccolta delle informazioni di base.
Tale valutazione è basata sull'impiego interattivo del calcolatore che sottopone allo studente un certo numero di test che possono essere di carattere generale (cioè rivolti a determinare le caratteristiche di intelligenza o di attitudine) o di carattere specifico (cioè rivolti a determinare il livello di apprendimento di una determinata materia).
La preparazione dei test può essere realizzata con una tecnica generativa nel senso che il calcolatore, partendo da uno schema generale, genera per ogni studente un test individuale, modificando ad esempio i valori dei dati; questa tecnica permette di evitare la ripetizione dello stesso test a più studenti, garantendo così una buona validità delle informazioni dedotte.
Un sistema più sofisticato è il test ramificato in cui la successione delle domande non è rigida, ma è definita durante lo svolgimento del test in funzione delle risposte. È ovvio che questo sistema fornisce una maggiore quantità di informazioni e può ad esempio indicare in modo preciso alcune manchevolezze, predisponendo addirittura il materiale di ripasso.
Rispetto al CAI, questo tipo di applicazione è stato sperimentato in misura più limitata, anche se i test generati da calcolatore sono stati impiegati da varie parti allo scopo di determinare se uno studente ha raggiunto un sufficiente livello di apprendimento in una determinata materia. Le considerazioni seguenti terranno quindi presente prevalentemente le applicazioni di tipo CAI.

6. Apparecchiature Hardware per il CAI

In linea di massima qualsiasi calcolatore, purché dotato di memorie di massa e di apparecchiature terminali che permettono il colloquio con lo studente può essere utilizzato per impieghi didattici; tuttavia la maggior parte dei progetti di più largo interesse è stata fin qui realizzata impiegando sistemi di dimensioni medio-grandi.
Ciò non è giustificato tanto dalla necessità di disporre di una grande potenza di calcolo, dato che il colloquio tra studente e calcolatore è relativamente semplice da gestire, quanto dalla necessità di poter controllare, nel tentativo di rendere competitivi i costi, un elevato numero di terminali in tempo reale e di disporre di memorie di massa di notevole capacità per conservare il materiale del corso e le informazioni sugli studenti.
Recentemente si è tuttavia risvegliato un certo interesse per la realizzazione di sistemi CAI su minicomputer, ormai in grado di gestire più terminali e di essere collegati a memorie di massa di sufficiente capacità e non è escluso che nel prossimo futuro anche piccoli calcolatori dotati di una sola tastiera e di una memoria a disco possano essere utilizzati con buoni risultati in questo tipo di applicazioni.

Dal punto di vista hardware però, ciò che qualifica più decisamente un sistema CAI è indubbiamente lo strumento di colloquio con gli studenti, cioè il terminale, generalmente collegato al calcolatore mediante linee telefoniche.
Allo stato attuale delle cose i terminali disponibili commercialmente sono sostanzialmente di tre tipi:
a. - terminali telescriventi
b. - terminali video alfanumerici
c. - terminali video grafici
I terminali telescriventi permettono di inviare dati al calcolatore tramite una tastiera del tutto analoga a quella di una macchina da scrivere e di ricevere messaggi dal calcolatore per mezzo di un dispositivo di stampa su carta e striscia continua.
Si tratta di apparecchiature di costo relativamente modesto, con prestazioni molto limitate dal punto di vista della velocità che non supera di norma 30 caratteri al secondo. (La velocità in realtà ha interesse esclusivamente nella direzione calcolatore-terminale in quanto la velocità di imput è in ogni caso limitata dalle capacità di digitazione di chi opera al terminale).
Un incoveniente non trascurabile delle telescriventi è la rumorosità che può diventare fastidiosa quando più telescriventi si trovano nella tessa stanza; tale inconveniente presumibilmente potrà tuttavia essere eliminato nel futuro con il perfezionamento della stampa a non impatto.
Una caratteristica nettamente favorevole delle telescriventi è invece la possibilità per lo studente di conservare su carta il testo del suo colloquio con il calcolatore; ciò gli permette di costruirsi in un certo senso un libro personalizzato, che sarà motivato a consultare più di un libro normale, dato che egli stesso ha contribuito a costruirlo.
Per quanto riguarda i terminali video alfanumerici, l'imput avviene ancora tramite una tastiera, mentre l'output dal calcolatore avviene su uno schermo, sempre in forma di caratteri numerici o alfabetici, ma ad una velocità nettamente più elevata di quella permessa dalle telescriventi e ovviamente senza alcuna rumorosità.
Un tipo di terminale video più sofisticato è quello grafico, che permette di visualizzare anche figure piuttosto complesse, cosa questa che può essere di grande utilità nell'insegnamento di molte materie (si pensi ad esempio al tracciamento di curve). Un accessorio di notevole interesse per i video-grafici è poi la "penna luminosa" mediante la quale chi opera al terminale può agire direttamente sul grafico tracciato sullo schermo fornendo così dei dati di input in modo più immediato che non con la tastiera.
Ovviamente i video grafici hanno un costo superiore agli altri terminali, insieme con delle prestazioni nettamente più interessanti.
Oltre ai terminali che permettono il vero e proprio colloquio tra studente e calcolatore è possibile pensare a numerosi altri strumenti almeno nella direzione calcolatore-studente. Tra questi ad esempio registratori magnetici e proiettori di immagini controllati direttamente dal calcolatore e anche messaggi audio costruiti dal calcolatore stesso.
Apparecchiature di questo tipo sono state effettivamente utilizzate anche se in modo per ora sperimentale.

7. Software per il CAI

In analogia a quanto si è detto a proposito delle unità centrali nel campo hardware, anche nel campo software si può affermare che, qualsiasi sistema operativo, purché in grado di gestire elaborazioni in tempo reale, può gestire anche un sistema CAI.
Più specifico è invece l'argomento dei linguaggi di programmazione, alcuni dei quali sono stati progettati appositamente per il CAI.
Senza addentrarci in un esame dettagliato dei linguaggi per il CAI, si può osservare che da alcuni sono stati utilizzati linguaggi di uso generale con caratteristiche conversazionali (come ad esempio, l'ALP, ed il BASIC) mentre i più noti linguaggi specifici per il CAI sono il COURSEWRITER, il COPI, il FOIL, il PLANIT, l'ELIZIA, il COMPUTEST, il FOCAL, il TUTOR ecc.
ALP, BASIC e anche FORTRAN, oltre ad essere utilizzabili, seppure in modo non del tutto immediato per la gestione di corsi CAI realizzati con le tecniche dell'istruzione programmata, sono molto appropriati per le altre applicazioni didattiche, quali simulazioni, giochi, esercitazioni di calcolo e, più in generale, per quelle applicazioni che permettono di sfruttare le capacità lavorative del calcolatore.
I linguaggi specifici per il CAI invece, non essendo in generale linguaggi di tipo algoritmico, mal si adattano ad applicazioni di tipo diverso e spesso permettono soltanto con difficoltà lo svolgimento di elaborazioni di tipo aritmetico nell'ambito di una lezione condotta con le tecniche dell'istruzione programmata.
È quindi chiaro che la soluzione più soddisfacente è fornita da sistemi che permettono sia l'uso di un linguaggio specifico per il CAI sia l'uso di linguaggi algoritmici generali.

8. Aspetti critici del CAI

In un convegno sull'elaboratore elettronico nell'istruzione tenutosi a Bari alcuni anni or sono, un relatore americano affermava che una persona richiesta di dire in quale stato fosse la Computer Assisted Instruction negli Stati Uniti, avrebbe dovuto rispondere: "in uno stato di transizione".
Si deve ritenere che a qualche distanza di tempo la risposta non possa essere molto diversa anche se per quanto riguarda l'Italia non si può negare che il CAI abbia suscitato un certo interesse e che alcuni esperimenti interessanti siano stati condotti.
Quali sono comunque le ragioni per cui, dopo essere stato accolto con grande entusiasmo, il CAI ha visto raffreddarsi l'interesse di quanti sono interessati all'introduzione nella scuola di nuovi strumenti di insegnamento, giustificando così la definizione di stato di transizione?
Tali motivazioni vanno ricercate in quattro direzioni diverse.

Motivazioni di tipo didattico

Indubbiamente l'introduzione di uno strumento "ingombrante" come il calcolatore nel processo di insegnamento ha suscitato perplessità e resistenze notevoli da parte di molti insegnanti che pur non arrivando al punto di considerarlo un possibile concorrente, temono tuttavia una spersonalizzazione o meglio una "disumanizzazione" del rapporto tra docente e studente.

Questa preoccupazione è naturalmente a priori del tutto giustificata ed è stata forse confermata da alcuni esperimenti, condotti sull'onda dell'entusiasmo iniziale, nei quali al calcolatore si è affidato un ruolo eccessivamente autonomo.

Il problema della "disumanizzazione" del rapporto tra docente e studente può tuttavia essere superato limitando l'impiego del CAI, almeno nella forma di corsi svolti con le tecniche dell'istruzione programmata, all'insegnamento di argomenti in cui l'aspetto strumentale prevale sull'aspetto concettuale e soprattutto smitizzando il calcolatore mostrando chiaramente allo studente che dietro al calcolatore c'è l'autore del corso che ha predisposto i dialoghi e previsto le risposte.

In ogni caso l'efficacia didattica di un corso realizzato con tecniche CAI è fortemente dipendente dal modo con cui il corso è stato predisposto dall'autore; e al limite si può quindi dire che uno dei vantaggi dell'impiego del calcolatore consiste nel fatto che costringe l'insegnante a predisporre con estrema cura la sua esposizione e a prevedere ed analizzare le reazioni degli studenti.

Costo della preparazione del materiale didattico

Nella preparazione di una lezione (o meglio di un programma) realizzata con tecniche CAI, si possono distinguere diverse fasi:

a. - Progetto generale della lezione, con definizione degli argomenti da svolgere e della strategia da seguire;

b. - Progetto dettagliato, con stesura dei passi elementari e delle domande, previsione delle risposte corrette ed errate e descrizione delle azioni di correzione e di rinforzo;

c. - Codifica del materiale preparato nel linguaggio di programmazione prescelto;

d. - Introduzione nel calcolatore del programma codificato e sua messa a punto simulando il comportamento degli studenti (cioè provando il funzionamento del programma in presenza di tutti i possibili tipi di risposta);

e. - Sperimentazione del programma con un gruppo di studenti e verifica dei risultati;

f. - Eventuali modifiche al programma suggerite dalla sperimentazione.

Come è facilmente intuibile la preparazione di materiale per corsi CAI è quindi notevolmente impegnativa e di conseguenza piuttosto costosa. Le valutazioni che sono state fatte da molti specialisti sono piuttosto discordanti tuttavia si può dare per il costo di preparazione di un'ora di lezione una cifra indicativa dell'ordine di qualche milione.

L'unità di misura ora realizzata, e cioè l'ora di lezione, va intesa ovviamente come durata media, in quanto il tempo di svolgimento di un programma dipende dalla velocità di risposta dello studente e dal numero di errori che commette.

In ogni caso l'ora non è necessariamente la durata ottima di una lezione, anzi varie esperienze hanno mostrato che la durata ottimale di una lezione è dell'ordine di 45 minuti trascorsi i quali l'attenzione dello studente tende a diminuire rapidamente.

Costi di gestione

Se si prescinde dalle spese di sviluppo del materiale e dell'eventuale software, le spese di gestione per l'impiego dei calcolatori nell'istruzione dipendono dai seguenti elementi:

a) personale dedicato all'assistenza degli studenti
b) calcolatore centrale
c) linee di comunicazione.
d) terminali

Non si terrà conto del costo del personale perché non si vuole qui fare un confronto di costi tra il CAI e l'insegnamento tradizionale e ci si limiterà quindi a dare alcuni accenni sui costi derivanti dalle apparecchiature hardware.

Usualmente come unità di costo si considera l'ora-studente per la quale si fanno valutazioni dell'ordine di alcune migliaia di lire.

Il costo del calcolatore centrale per ora-studente può essere considerato relativamente indipendente dalle dimensioni del calcolatore in quanto il crescere delle dimensioni comporta anche un aumento dei terminali collegati. Si tratterebbe eventualmente di determinare la dimensione ottimale, tuttavia si può affermare che il costo di uso del calcolatore rappresenta una parte rilevante del costo di gestione delle apparecchiature.

Per quanto riguarda i terminali infatti il costo di acquisto di una telescrivente è dell'ordine di un paio di milioni, mentre i terminali video e in particolare i video-grafici hanno costi superiori.

Le linee telefoniche hanno una incidenza modesta quando il collegamento avviene nell'ambito di una rete urbana; i costi della teleselezione invece possono rapidamente diventare proibitivi.

Vale la pena tuttavia di osservare che il costo di qualche migliaio di lire indicato in precedenza per ora-studente ha senso per sistemi CAI impiegati su larga scala e con funzionamenti a regime. È del tutto evidente che installazioni sperimentali hanno costi notevolmente superiori.

Limitazioni del colloquio studente-calcolatore

Si è visto in precedenza quali sono le apparecchiature terminali attualmente disponibili per il CAI; telescriventi, video alfanumerici, video grafici permettono lo svolgimento di un colloquio tra il calcolatore e lo studente mentre eventuali altre apparecchiature come proiettori di immagini e registratori magnetici possono essere controllati dal calcolatore per fornire allo studente ulteriori informazioni.

Rispetto al dialogo permesso da una telescrivente, un video grafico permette la realizzazione di un colloquio più articolato ed efficace, in quanto permette la visualizzazione di grafici, di formule matematiche bidimensionali e di figure anche di una certa complessità. Tali figure, per mezzo di opportuni packages di software,

possono anche essere sottoposte a trasformazioni e subire una animazione molto interessante e suggestiva, possibilità questa che può essere di grande utilità ad esempio in problemi di simulazione. Tuttavia il colloquio tra studente e calcolatore rimane piuttosto povero; limitata è soprattutto la possibilità da parte dello studente di comunicare con il calcolatore in modo diverso dalla semplice risposta a domande. Ad esempio non è possibile per lo studente tracciare un grafico che possa essere interpretato dal calcolatore, intervenire su immagini proiettate su di una apparecchiatura ausiliaria, porre a sua volta delle domande, o consultare argomenti non strettamente pertinenti con il corso.

Queste limitazioni sono in parte dovute alle caratteristiche dei terminali disponibili, ma più frequentemente sono di ordine logico, nel senso che richiederebbero la preparazione di programmi di enorme complessità e la disponibilità di calcolatori con capacità di memoria pressoché illimitata.

Si deve tuttavia ritenere che alcuni di questi problemi possano essere affrontati con buone probabilità di successo nel futuro; comunque l'arricchimento del colloquio studente-calcolatore è senz'altro da considerare uno dei punti cruciali per lo sviluppo del CAI.

9. Alcune iniziative in corso in Italia

In questi ultimi anni sono state sviluppate anche in Italia nel settore dell'Istruzione Assistita da Calcolatore alcune iniziative che hanno condotto a risultati di un certo interesse ed a sperimentazioni significative.

Un quadro delle attività CAI rivolte all'insegnamento della Matematica ad esempio è stato esposto nell'aprile del 1975 a Bologna in un convegno sulle Tecnologie Didattiche per la Matematica organizzato dall'Unione Matematica Italiana e dal Centro di Sperimentazione e Documentazione dei mezzi didattici della Matematica di Parma. In tale convegno sono state illustrate, anche mediante l'impiego di terminali telescriventi e grafici collegati con Bari, Pisa, Pavia e Genova, le attività in corso presso il Centro Studi e Applicazioni in Tecnologie Avanzate (CSATA) di Bari, l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione del CNR di Pisa, il Seminario Didattico dell'Istituto Matematico dell'Università di Pisa, il Laboratorio di Analisi Numerica del CNR di Pavia, il Laboratorio di Matematica Applicata del CNR di Genova, l'Istituto per le Applicazioni del Calcolo del CNR di Roma e l'Istituto Matematico dell'Università di Milano.

Ovviamente la rassegna non ha potuto coprire tutto il panorama delle attività CAI in Italia, non figurandovi ad esempio il Laboratorio per le Tecnologie Didattiche del CNR di Genova e numerosi altri Istituti Universitari italiani, tuttavia ha permesso ai numerosi partecipanti di rendersi conto di alcune delle possibilità dell'Istruzione Assistita da calcolatore.

Per permettere anche ai lettori di questa rivista di esaminare più da vicino una realizzazione nel settore CAI, il prossimo numero conterrà un articolo, a cura di alcuni ricercatori del Laboratorio di Analisi Numerica del CNR di Pavia, che illustrerà l'attività condotta nel settore del CAI da questo laboratorio.

10. Prospettive per il futuro

Come conclusione della esposizione sembra di poter affermare che anche se il CAI si trova in uno stato di transizione, tuttavia si possono prevedere interessanti sviluppi per questo settore di impiego dei calcolatori. Infatti, con riferimento ai punti critici elencati in precedenza, si può prevedere che in un futuro non troppo remoto:

a. - una buona focalizzazione degli obbiettivi didattici da un lato e una migliore comprensione dei meccanismi di apprendimento dall'altro permettano di superare progressivamente almeno una parte delle perplessità degli insegnanti;

b. - nuovi progressi nel settore del software permettano la realizzazione di sistemi operativi e di linguaggi di programmazione che riducano in modo rilevante gli sforzi per la preparazione, la messa a punto e la sperimentazione del materiale didattico, diminuendo di conseguenza i relativi costi;

c. - i costi delle apparecchiature hardware, seguendo l'andamento in atto da molto tempo, continuino a diminuire permettendo una riduzione progressiva dei costi di gestione di un sistema CAI;

d. - il perfezionamento delle apparecchiature terminali disponibili e l'introduzione di apparecchiature più flessibili, permettano di raggiungere un livello più soddisfacente di colloquio. Questo obbiettivo, come già detto, richiede anche considerevoli sforzi nel settore software, prevalentemente allo scopo di ampliare le possibilità di comunicazione nella direzione studente-calcolatore.

Fatta questa dichiarazione di ottimismo, si deve affermare che il CAI, pur non potendo essere considerato uno strumento abituale di lavoro, deve essere considerato un'area di sperimentazione e di ricerca che prospetta risultati pratici interessanti per un futuro abbastanza prossimo. Di conseguenza è necessario che proseguano anche nel nostro paese attività che permettano di formare ricercatori preparati e di sensibilizzare ai problemi dell'introduzione di tecnologie innovative nella didattica una fascia più ampia di persone e in particolare di docenti.

D'altra parte le spese che lo Stato sostiene per l'istruzione pubblica sono talmente elevate e la crisi che travaglia il nostro sistema scolastico talmente grave che non è conveniente trascurare una strada potenzialmente in grado di apportare consistenti benefici.

Bibliografia

[1] ATKINSON R. C., WILSON R., *"Computer Assisted Instruction"*, Academic Press, New York, 1969.

[2] ROMANO A., ROSSI S., *"L'elaboratore elettronico nell'istruzione"*, Atti del Convegno di Bari, Ottobre 1970, Adriatica, Bari, 1971.

[3] ZINN K.L., *"Computers in the instructional process: direction for research and development"*, Communications of the ACM, Vol. 15, 1972.

[4] BIANCHI G., MOLTEDO L., *"Elaboratori Elettronici nell'istruzione"*, Armando Editore, Roma, 1974.

[5] ITALIANI M, *"L'impiego in forma interattiva dei calcolatori nell'istruzione"*, Atti del III Congresso Nazionale di Cibernetica e Biofisica, S. Marino, Ottobre 1974.

[6] Proceedings of the 2and IFIP World Conference *"Computers in Education"* Marsiglia, Settembre 1975.

Rilievi sul mercato dei calcolatori in Italia

RENATO LEVRERO
Honeywell Information Systems Italia
Servizio Studi Economici e Ricerche di Mercato

Metodologia e premessa

Questo articolo costituisce l'aggiornamento di quanto pubblicato su «Quaderni di Informatica » N. 4. Considerando che i dati forniti dal Servizio Studi Economici e di Mercato della Honeywell Information Systems Italia costituiscono in pratica l'unica fonte di informazioni sistematiche sulla struttura e la dinamica del mercato EDP in Italia, ritengo utile soffermarmi sulla metodologia utilizzata, anche ai fini di individuarne i limiti e favorire così una più corretta utilizzazione dei dati.

Alla base delle elaborazioni c'è un «censimento» dei calcolatori installati in Italia: questo censimento viene realizzato tramite interviste telefoniche volte ad accertare:

a) L'esistenza del centro EDP
b) La sua struttura (configurazione del calcolatore, periferiche, ecc.)
c) Il suo valore (espresso o in canone mensile d'affitto o in «punti internazionali»)
d) La consistenza della staff EDP
e) I principali parametri economici dell'impresa/ente utilizzatrice
f) Le variazioni previste nella struttura del centro installato.

Annualmente vengono effettuate circa 6000 interviste di questo genere.

A queste vengono affiancate diverse centinaia di interviste dirette volte ad approfondire, per indagini di tipo particolare (settoriali e regionali), differenti aspetti della struttura del centro e della sua utilizzazione.

È evidente come una metologia di questo tipo porti a diversi inconvenienti: non soltanto qualche utilizzatore di sistemi EDP (in particolare di piccoli sistemi) può sfuggire al censimento, ma, oltre a ciò, non tutti gli utenti meccanizzati possono essere intervistati ogni anno (e quindi una parte delle informazioni non riflettono fedelmente la situazione «istantanea», alcune informazioni sono complete, altre possono risultare errate o mal interpretate ad una indagine più in profondità.

Ne conseguono due avvertimenti:

— Il primo, ovvio, è che le informazioni pubblicate vanno utilizzate con una certa cautela: fra i risultati delle ricerche disaggregate (di tipo settoriale o territoriale) e quelle del «censimento» abbiamo rilevato un «range» di variabilità attorno a circa il 5%.

— Il secondo è che, data la natura dell'aggiornamento dei nostri «files», le stesse informazioni retrospettive possono cambiare: quindi il confronto fra i dati dei vari anni non può che dare una indicazione di tendenza, senza voler pretendere di raggiungere un elevato grado di precisione.

Ciò premesso, nella Tabella 1 ho indicato schematicamente la struttura del sistema informativo della HISItalia per le statistiche del parco calcolatori: esistono sostanzialmente due «files», uno per la concorenza e uno per i clienti acquisiti, che vengono aggiornati mensilmente; semestralmente convergono nell'elaborazione delle statistiche, alcune delle quali vengono rielaborate in questo articolo.

TABELLA 1
STRUTTURA DEL SISTEMA INFORMATIVO DELLA HISITALIA PER LE RICERCHE DI MERCATO

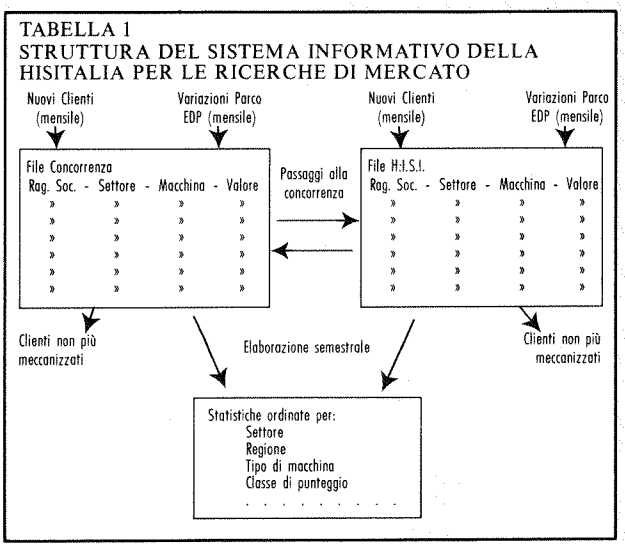


TABELLA 2

TASSI DI SVILUPPO DEL VALORE DEL PARCO INSTALLATO IN ALCUNI PAESI
1974-1975

PAESE	% Δ	Valore Parco 31/12/75 (miliardi $)
Media mondiale	10.9	57.0
USA	5.0	33.4
FRANCIA	14.0	5.0
GERMANIA	17.0	6.8
REGNO UNITO	4.0	2.6
GIAPPONE	20.0	7.6
ITALIA	16.0	2.1

I

Cenni sul mercato mondiale

Nel 1975 la crescita del mercato EDP ha subito un rallentamento, per effetto della recessione mondiale. Durante l'anno, infatti, la crescita del parco in valore è stata circa del 10%, mentre in numero si registra un aumento di circa il 9%: ambedue questi indicatori sono comunque risultati superiori alle previsioni compiute nel 1974, segno che la recessione ha avuto meno impatto sulla dinamica del mercato di quanto non si fosse temuto. Lo stesso andamento è molto differenziato a seconda dei mercati considerati: per quanto riguarda il valore del parco, infatti, gli USA e il Regno Unito, hanno avuto un aumento non superiore alla metà di quello medio realizzatosi, mentre, al contrario, il Giappone ha avuto un aumento circa doppio (attorno al 20%), l'Italia del 16%, valori analoghi a quelli italiani hanno realizzato la Francia e la Germania. (Vedi tabella 2)

Per quanto riguarda il numero di calcolatori installati il discorso diventa assai più complesso: infatti fra il 1974 e il 1975, come è ben noto, sono stati annunciate nuove linee di prodotto, costituite da calcolatori general purpose il cui valore di locazione era inferiore ai 1000 $ al mese.

Ciò ha portato da un lato ad un considerevole ampliamento verso il basso degli utenti di calcolatori general purpose (2/3 circa dei calcolatori installati nel 1975 appartengono a questa classe) e, dall'altro, si viene a creare oggettivamente un'area di impatto fra questo tipo di calcolatori (i soli ai quali ci riferiamo nelle nostre statistiche) e i minicomputer «dedicated», le contabili evolute, ecc. Diventa, cioè, sempre più difficile un'area omogenea, soprattutto per quanto riguarda i confronti internazionali che, quindi, vanno trattati con grande cautela.

Nelle Tabelle 3 e 4 diamo, per i principali paesi, alcuni rapporti caratteristici fra numero e valore dei calcolatori installati, il reddito e l'occupazione dipendente: come risulta evidente, il 1975 non ha modificato i rapporti evidenziati negli scorsi anni.

TABELLA 3

REDDITO NAZIONALE E VALORE INSTALLATO DEL PARCO (ISV) IN MILIARDI DI DOLLARI (1975)

PAESE	Reddito (1)	Valore dei calcolatori (2)	2/1
USA	1499.0	33.4	2.2
FRANCIA	331	5.0	1.5
GERMANIA	430	6.8	1.6
REGNO UNITO	194	2.6	1.3
SVIZZERA	56	1.2	2.1
GIAPPONE	499	7.6	1.5
CANADA	151.7	2.0	1.3
SPAGNA	53	0.8	1.5
ITALIA	165	2.1	1.3

TABELLA 4

OCCUPAZIONE DIPENDENTE E NUMERO DI CALCOLATORI NEL 1975

PAESE	Occupati (000) (1)	N. Calcolatori (2)	2/1 x 10.000
USA	85936	72000	0.84
FRANCIA	21165	16000	0.76
GERMANIA	25705	18900	0.74
REGNO UNITO	24767	7600	0.31
SVIZZERA	3000	3800	1.27
GIAPPONE	52010	30000	0.58
SPAGNA	12865	2800	0.22
ITALIA	18898	6300	0.33

TABELLA 5

PARCO INSTALLATO DI CALCOLATORI GENERAL PURPOSE IN ITALIA

ANNO	Numero	Valore teorico del parco installato (.)	Δ% Valore	Δ% numero
1960	80			
1961	200			
1962	340			
1963	510			
1964	650			
1965	850			
1966	1200			
1967	1700			
1968	2012			
1969	2580			
1970	3090	195		
1971	3760	234	20.0	21.7
1972	4360	288	23.0	16.0
1973	5100	352	22.0	17.0
1974	5730	430	22.0	12.4
1975	6300	500	17.0	10.0

(.) In miliardi di canone annuo

II

Il mercato italiano

I calcolatori general purpose installati in Italia al 31.12.75 sono risultati 6300, con un aumento del 9.9 rispetto all'anno precedente: è da notare come in Italia l'introduzione di sistemi con valore di locazione inferiore ai 1000 dollari sia stato ritardato, essendo di fatto cominciato solo nella seconda metà del 1975. In tal modo i dati italiani sono largamente confrontabili, perché più omogenei, con quelli del 1974, mentre ciò non è possibile per gli altri paesi.

Per quanto riguarda la stima del valore, ho proceduto nel seguente modo: in primo luogo si sono considerati come affittati tutti i calcolatori installati (compresi dunque quelli acquistati ed in leasing); in tal modo è risultato un valore «teorico» del parco installato, espresso nel canone annuo di locazione. Per determinare il canone di locazione annuo ho raggruppato i calcolatori secondo la linea di prodotto, in modo da favorire la massima omogeneità ed ho esteso a ciascun sottosistema i valori medi ricavati dalla rilevazione dei canoni di quegli utilizzatori che hanno dichiarato il canone mensile di locazione. Il valore stimato per il 1975 si aggira attorno ai 500 miliardi di lire annue: da quanto detto risulta chiaro che il valore effettivo «cash» realizzato annualmente dai venditori di calcolatori general purpose è inferiore, la nostra stima essendo, come specificato, un valore «teorico» e «potenziale».

Nella Tabella 5 sono indicati i valori storici del parco calcolatori general purpose in Italia (in numero) e la stima del valore di detto parco dal 1970: come già avvertito questa ultima stima potrà essere variata nei prossimi anni, mentre tutte le ricerche sinora svolte hanno sempre confermato quella del numero dei sistemi.

Nella Tabella 6 è data la struttura dei nuovi utenti del 1975 per settore, per dimensione aziendale e settore, per valore di canone del sistema.

Sono evidenti le seguenti caratteristiche:

— Crescita del peso del commercio nei nuovi utenti rispetto all'attuale struttura di parco.

— Spostamento verso le piccole dimensioni aziendali dei nuovi utenti: nel 1975 circa il 50% dei nuovi utenti dell'Industria hanno meno di 100 addetti mentre nel 1970 praticamente non esistevano utenti EDP nell'Industria con meno di 100 addetti.

— Il 21% dei nuovi utenti ha installato sistemi il cui canone mensile di locazione è sulle 850 mile lire.

In conclusione possiamo dire che la recessione che ha colpito l'economia italiana nel 1975 abbia avuto un impatto soltanto marginale nella dinamica del parco EDP: questo continua ad essere influenzato principalmente dal ciclo del prodotto e non delle condizioni congiunturali dell'economia.

III

Struttura del parco per classe di ampiezza dei sistemi

Nella Figura 7 è evidenziata la struttura del parco EDP italiano per classe di canone mensile di locazione. Si noti bene: la ripartizione (in numero e valore) dei sistemi per ciascuna classe di ampiezza non è fatta secondo il valore di ciascun sistema, ma a seconda del valore medio della linea di prodotto a cui il sistema appartiene.

Attraverso un altro modo di attribuire i valori si ottiene, ovviamente, una diversa distribuzione con scarti anche importanti, per le classi estreme, rispetto

TABELLA 6

ANALISI STRUTTURA NUOVI UTENTI EDP 1975 (1)

6.1. Ripartizione per settore (stima su campione di circa 450 utenze)

Industria	Enti vari	Finanza	Commercio	
47%	6%	5%	42%	100%

6.2. Ripartizione secondo la dimensione aziendale (stima su campione di circa 320 aziende)

Settore	Addetti					
	<50	<100	<200	<500	>500	Totale
Industria	21	26	23	20	10	100
Commercio	72	19	7	2		100

6.3. Ripartizione per settore e valore del sistema (stima su campione di circa 450 utenze)

Settore	Canone (migliaia di Lire Mensili)						
	<850	<1300	<1700	<2100	<2600	>2600	Totale
Industria	21	34	20	13	3	9	100
Commercio	25	35	13	16	3	7	100
Altri	4	31	33	3	2	17	100
Totale	21	34	19	14	3	9	100

6.4. Ripartizione per settore e valore del sistema (stima su campione di 170 utenze)

Settore	Classe di Fatturato - Miliardi di Lire					
	<1	1-2,5	2,5-5	5-10	>10	Totale
Industria	5.3	27.4	28.4	20.0	18.9	100.0
Commercio	25.0	48.2	11.5	11.5	3.8	100.0
Totale	12.2	34.7	22.5	17.0	13.6	100.0

TABELLA 7

PARCO INSTALLATO PER CLASSE DI CANONE DI LOCAZIONE MENSILE (IN MIGLIAIA DI LIRE)

Classe di Canone Locazione	Numero	Valore
< 850	1.9	0.2
< 2500	50.3	13.6
< 6400	24.1	16.0
< 17000	15.5	27.5
< 34000	6.1	25.1
> 34000	2.1	19.4
TOTALE	100.0	100.0

TABELLA 8
CONFRONTO FRA LA DISTRIBUZIONE DEL PARCO CALCOLATORI G.P. NEL 1975 PER LA CLASSE DI AMPIEZZA DI ALCUNI PAESI

Classe di ampiezza	Numero	Valore
USA (in $):		
< 1000	7.3	0.6
< 3000	42.2	8.7
< 7500	20.8	9.8
< 20000	18.9	25.8
< 40000	5.8	17.6
< 80000	3.9	24.7
> 80000	1.1	12.8
Totale	100.0	100.0
GIAPPONE (milioni y):		
< 1000	51.8	5.0
< 4000	24.4	8.1
< 25000	18.1	30.2
> 25000	5.7	56.7
Totale	100.0	100.0
FRANCIA - valore di acquisto (milioni di Franchi)		
< 0.25	35.4	2.4
< 1.4	45.7	21.9
< 7.0	14.3	31.2
> 7.0	4.6	44.5
Totale	100.0	100.0

TABELLA 9
DISTRIBUZIONE IN NUMERO E VALORE DEL PARCO ITALIANO PER SETTORI ECONOMICI

SETTORE	Numero	Valore
Industria estrattiva	0.3	0.3
Industria alimentare	5.1	3.6
Industria tessile	6.4	4.1
Industria legno	1.0	0.4
Industria carta	1.1	0.7
Industria metallurgica	1.9	2.8
Industria meccanica	15.9	15.4
Industria chimica	7.8	7.8
Industria costruzioni	1.2	0.7
Industria mat. da costruz.	1.9	1.0
Industria poligrafica	1.7	1.7
Industrie varie	1.1	0.4
Totale Industria	**45.4**	**38.9**
Amm. centrale Stato	1.6	5.1
Amm. locale	4.2	3.6
Enti previdenziali	0.9	1.5
Ospedali	2.5	0.3
Istruzione	3.4	4.9
Enti vari	0.8	0.9
Amm. militare	0.9	1.9
Totale Amministrazione	**14.3**	**18.2**
Banche	9.6	17.0
Assicurazioni	1.6	3,4
Finanziarie	0.6	0.9
Studi professionali	0.6	0.3
Totale Finanza	**12.4**	**21.6**
Elettricità, gas, acqua	1.0	1.6
Commercio	23.2	14.3
Trasporti	1.9	2.5
Comunicazioni	0.5	0.2
Totale Servizi	**26.6**	**19.6**
Agricoltura	1.3	0.7
TOTALE	100.0	100.0

ai valori da me pubblicati; solo quando sarà possibile attribuire a ciascun calcolatore il suo effettivo valore avremo una distribuzione per classe di ampiezza che rifletterà fedelmente la realtà.

È possibile in questo campo, oltreché ai soliti raffronti con le distribuzioni degli anni passati già evidenziati nel N. 4 di questa rivista, fare alcune comparazioni internazionali (Tabella 8).

Per quanto riguarda gli USA le classi di ampiezza evidenziate sono strettamente paragonabili a quelle italiane, con l'eccezione delle due ultime classi che, per l'Italia, sono state unificate. L'aspetto più rilevante per gli USA, oltre all'ovvia evidenza del grande peso dei sistemi di elevato valore, è il rilevante peso dei piccolissimi sistemi: 7,3% in numero contro l'1.9% per l'Italia. Ciò conferma il ritardo, già notato con cui l'Italia ha recepito i più recenti modelli di calcolatori di piccolissime dimensioni.

Le fonti giapponesi e francesi ci danno le classi di ampiezza in moneta nazionale, e, per la Francia, in valore di acquisto del sistema e non in canone di locazione ([2]). In regime di cambi fluttuanti è noto quanto sia difficile trovare un corretto tasso di cambio; in più il problema del passaggio dal valore di acquisto di un calcolatore a quello di locazione è soggetto a convenzioni varianti da paese a paese, da moneta a moneta. Non si dovrebbe comunque essere lontani dal vero traducento (in dollari di locazione mensile) le classi giapponesi e francesi nelle seguenti:

	Giappone	*Francia*
1	< 3300	< 1500
2	< 12500	< 8500
3	< 70000	< 70000
4	> 70000	> 70000

Risulta che in ambedue i paesi (le classi 3 e 4 equivalgono all'ultima classe italiana) il peso dei grandi calcolatori è nettamente superiore non solo a quello italiano, ma addirittura a quello statunitense. Ciò sembra scarsamente credibile e dovrebbe impuntarsi alle distorsioni che implicano l'uso di tassi di cambio fissi per tutte le classi di ampiezza dei calcolatori, all'interno delle quali giocano in maniera diversa i «trasfer prices».

TABELLA 10/A
DISTRIBUZIONE DEL PARCO PER SETTORE E PER AMPIEZZA

Classe di Ampiezza	Industria		Enti ammin.		Finanza		Servizi	
	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.
< 850	2.1	0.3	2.2	0.2	0.9	-	2.1	0.3
< 2500	55.7	19.8	33.9	7.6	25.4	4.7	62.2	24.2
< 6400	20.3	15.2	36.1	18.8	32.2	11.7	20.3	17.7
<17000	15.7	29.7	23.1	21.3	23.3	24.2	10.8	23.1
<34000	4.9	23.1	13.9	22.8	14.1	33.8	3.4	10.5
>34000	1.3	11.9	5.0	29.3	4.7	25.6	1.2	14.2
Totale	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

TABELLA 10/B
DISTRIBUZIONE DEL PARCO PER SOTTOSETTORE INDUSTRIALE E PER AMPIEZZA

Classe di Ampiezza	Alimentare		Tessile		Meccanico		Chimico	
	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.
< 850	3.0	0.6	3.7	0.8	1.3	0.2	1.5	0.2
< 2500	61.3	25.0	64.2	30.8	51.1	16.5	53.2	15.9
< 6400	16.2	15.5	16.6	16.0	24.9	16.1	17.6	11.0
<17000	16.2	35.4	11.8	26.6	14.7	26.6	19.6	32.8
<34000	3.0	19.8	3.4	23.3	6.1	25.8	6.6	25.0
>34000	0.3	3.7	0.3	2.5	1.9	14.8	1.5	15.1
Totale	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

IV

La distribuzione settoriale dei sistemi

La HISItalia utilizza una segmentazione di mercato in 29 settori, per i quali diamo, nella Tabella 9, la distribuzione dei pesi, in numero e valore, degli elaboratori installati. Notiamo, rispetto allo scorso anno, la piccola ma ormai tendenzialmente significativa retrocessione dell'industria ed il costante aumento, anch'esso tendenziale, del commercio; la finanza, dal canto suo, continua a diminuire come peso in numero di sistemi, e ad aumentare come peso in valore dei sistemi.

È interessante, dunque, rifarsi alla struttura per classi di impresa, della distribuzione settoriale del parco (vedi Tabella 10 A e B).

Nella prima parte della tabella viene data la struttura del parco per grandi macrosettori, nella seconda quella dei quattro settori maggiori dell'industria. Notiamo come nelle due classi estreme (>34 milioni e <2.5 milioni) si trovi la maggiore variabilità nella distribuzione in valore, mentre, al contrario, per le classi intermedie notiamo una sostanziale omogeneità di struttura. Sono gli enti amministrativi e quelli finanziari che assorbono in misura prevalente i grandi sistemi; il contrario avviene nell'industria e nei servizi (in questi ultimi assolutamente determinante è il peso della struttura del commercio). Nell'industria manifatturiera, nel settore meccanico e nel settore chimico il peso dei grandi calcolatori è rilevante mentre nel tessile (che comprende anche l'abbigliamento, pelli e cuoio) sono i piccoli e piccolissimi che assorbono circa 1/3 dell'intero valore.

TABELLA 10/C – DISTRIBUZIONE SETTORIALE DEL PARCO GIAPPONESE

SETTORE	Numero	Valore
Industria estrattiva	0.2	0.2
Industria alimentare	3.3	1.4
Industria tessile	2.4	0.9
Industria carta	1.0	0.4
Industria metallurgica	2.0	4.5
Industria meccanica	11.4	19.6
Industria chimica	4.2	4.2
Industria costruzioni	1.6	1.2
Industria mat. da costruzioni	0.9	0.6
Industria poligrafica	0.8	0.6
Industrie varie	3.6	1.3
Totale industria	**31.4**	**34.9**
Amministrazione Centrale Stato	2.8	11.2
Amministrazione Locale	7.8	4.9
Ospedali	0.3	0.2
Istruzione	2.8	2.5
Totale Amministrazione	**13.3**	**18.8**
Banche	12.3	17.9
Assicurazioni	0.6	3.4
Finanziarie	0.6	1.9
Studi Professionali	0.2	0.1
Totale Finanze	**13.7**	**23.2**
Elettricità, Gas, Acqua	0.5	1.8
Commercio	37.4	18.0
Trasporti, comunicazioni	3.5	3.0
Totale Servizi	**41.4**	**22.8**
Agricoltura	0.2	0.2
TOTALE	100.0	100.0

TABELLA 11

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL PARCO CALCOLATORI (1975)

Regione	N. Elab.	Occupati	Valore Elab.	Risorse
Piemonte V. d'Aosta	10.8	9.6	11.8	9.7
Lombardia	33.2	17.5	33.0	18.5
Tre Venezie	11.3	11.8	8.8	11.4
Emilia Romagna	7.7	8.4	6.7	8.1
Liguria	3.8	3.4	3.6	4.1
Toscana - Umbria	7.9	8.2	5.9	7.8
Marche-Abruzzo-Molise	2.9	5.6	1.5	4.7
Lazio	12.0	8.0	20.2	9.7
Puglie - Basilicata	2.0	7.3	1.5	6.6
Campania - Calabria	4.3	11.0	3.9	9.5
Sicilia	2.8	7.0	2.2	7.3
Sardegna	1.3	2.2	0.9	2.6
TOTALE	100.0	100.0	100.0	100.0

TABELLA 12

STRUTTURA DEL PARCO REGIONALE PER CLASSE DI AMPIEZZA
(MIGLIAIA DI LIRE DI LOCAZIONE MENSILE

REGIONE		Classe di Ampiezza						
		< 850	< 2500	< 6400	< 17000	< 34000	> 34000	TOT.
Piemonte V. d'Aosta	N.	1.8	50.5	24,6	12.7	7.3	3.1	100.0
	V.	0.2	14.2	14.1	18.7	28.9	23.9	100.0
Lombardia	N.	1.1	53.0	21.0	17.3	6.1	1.5	100.0
	V.	0.2	16.2	14.1	29.6	26.4	13.5	100.0
Tre Venezie	N.	0.6	58.1	21.2	13.1	5.0	1.0	100.0
	V.	0.1	22.0	18.3	25.8	23.8	10.0	100.0
Emilia Romagna	N.	2.5	52.3	26.7	13.2	4.2	1.1	100.0
	V.	0.4	17.5	22.8	22.6	18.4	18.3	100.0
Liguria	N.	2.3	39.2	32.0	21.0	4.1	1.4	100.0
	V.	0.3	11.6	26.1	33.9	18.7	9.4	100.0
Toscana-Umbria	N.	4.1	54.0	24.5	12.5	3.6	1.3	100.0
	V.	0.7	21.7	18.4	26.5	18.3	18.4	100.0
Marche, Abruzzo, Molise	N.	3.5	55.2	32.6	7.0	1.7	—	100.0
	V.	0.8	31.3	35.4	20.9	11.6	—	100.0
Lazio	N.	2.1	35.2	23.0	20.8	12.7	6.2	100.0
	V.	0.2	6.4	8.9	19.9	30.4	34.2	100.0
Puglie-Basilicata	N.	3.4	45,3	33.3	12.9	0.8	4.3	100.0
	V.	0.6	16.3	22.1	22.6	4.1	34.3	100.0
Calabria - Campania	N.	3.2	44.2	30.5	14.9	6.4	0.8	100.0
	V.	0.5	14.3	20.9	28.6	24.4	11.3	100.0
Sicilia	N.	3.0	49.4	35.0	9.0	1.8	1.8	100.0
	V.	0.6	18.9	27.5	19.3	6.3	27.4	100.0
Sardegna	N.	—	58.7	18.2	20.8	1.3	—	100.0
	V.	—	25.5	15.9	53.1	5.5	—	100.0

Si può confrontare la distribuzione del parto italiano con quello giapponese (Tab. 10 C). Vediamo come in Giappone il peso (in numero ed in valore) del settore dei servizi sia nettamente superiore a quello italiano, minore quello dell'industria, sostanzialmente analogo quello degli enti amministrativi e della finanza. Ciò riflette abbastanza fedelmente la struttura della produzione del reddito dei due paesi ([3]) ed è indicativo della tendenza giapponese a darsi una struttura dei servizi informativi molto simile a quella statunitense. Infatti, nel 1974, gli USA impiegavano il 38% del loro parco (in numero) nell'industria e il 46% nei servizi.
Come abbiamo già rilevato, invece in Italia il settore industriale è quello che, seppure tendenzialmente sempre meno, utilizza ancora il maggior numero di calcolatori.

TABELLA 13
DISTRIBUZIONE SETTORIALE E REGIONALE DEL REDDITO (1) E DEL VALORE DEL PARCO (2).

Regione	Settore A		B		C		D		E		F		G		H		I		Totale	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Piemonte V. d'Aosta	5.7	0.2	2.6	2.1	43.5	60.3	6.2	-	16.0	7.8	6.1	4.5	6.7	18.4	5.9	0.7	7.3	6.0	100.0	100.0
Lombardia	3.6	0.5	2.7	1.9	43.9	49.1	6.8	0.7	17.1	19.8	4.7	1.4	7.8	19.6	6.1	0.9	6.3	6.1	100.0	100.0
Tre Venezie	9.3	0.7	2.5	1.9	28.2	33.8	10.4	0.4	17.2	14.2	7.7	2.2	6.0	26.9	7.1	4.5	11.3	13.4	100.0	100.0
Liguria	4.9	0.1	2.9	1.7	23.6	57.3	5.7	0.3	20.7	9.6	16.0	4.9	8.0	12.8	6.6	0.6	11.6	12.7	100.0	100.0
Emilia Romagna	13.0	1.4	2.1	1.1	29.4	27.6	10.2	0.5	17.1	12.6	5.2	1.3	7.0	31.4	6.6	-	9.4	24.1	100.0	100.0
Toscana - Umbria	7.3	0.6	3.1	0.9	32.8	35.5	7.4	2.2	19.6	13.6	5.0	4.8	7.0	19.9	6.6	0.7	11.2	23.8	100.0	100.0
Marche-Abruzzo Molise	15.1	3.0	2.3	-	22.9	36.5	9.5	-	18.6	9.6	4.7	0.8	5.6	38.0	6.9	0.9	14.4	11.2	100.0	100.0
Lazio	6.0	0.9	2.3	2.1	16.0	12.1	5.6	1.6	19.3	12.1	12.0	8.5	9.4	18.5	9.1	9.2	20.3	35.2	100.0	100.0
Puglie - Basilicata	21.0	3.1	2.4	-	19.7	42.5	10.3	-	14.5	8.8	4.9	-	5.4	23.6	6.8	0.2	15.0	21.8	100.0	100.0
Campania, Calabria	16.4	0.6	2.3	3.2	18.9	32.4	7.4	0.5	17.1	5.8	9.4	6.1	5.5	28.7	7.3	0.6	15.7	22.1	100.0	100.0
Sicilia	17.8	0.7	2.8	2.0	15.0	14.0	8.6	0.8	16.3	18.2	7.5	0.7	6.6	42.7	7.8	0.4	17.4	19.4	100.0	100.0
Sardegna	14.8	5.1	4.8	9.2	16.8	34.6	9.6	0.6	16.4	2.6	6.2	2.1	6.7	11.8	6.6	-	18.1	28.0	100.0	100.0

A = Agricoltura
B = Elettricità, Gas, Miniere, Acqua
C = Industria manifatturiera
D = Industria Costruzioni
E = Commercio, Pubblici esercizi
F = Trasporti, Comuncazioni
G = Finanza
H = Altri Servizi
I = Pubblica Amministrazione

V

La distribuzione regionale

Nella Tabella 11 si riproduce la distribuzione regionale in numero e valore, del parco dei calcolatori e, per riferimento, quello degli occupati dipendenti e delle risorse (reddito lordo + importazioni nette): abbiamo anche raggruppato alcune regioni per favorire il confronto fra i dati evitando di produrre percentuali eccessivamente piccole. Il confronto più significativo è quello fra valore del parco e risorse disponibili: risultano «sovrameccanizzare» soltanto il Piemonte - Valle d'Aosta, la Lombardia, il Lazio, mentre tutte le altre regioni dimostrano una evidente carenza di meccanizzazione.

Per avere un'idea più precisa della situazione del parco EDP nelle singole regioni, conviene precedere alla disaggregazione per classe di ampiezza del sistema (vedi Tabella 12). Vi sono alcuni fenomeni apparentemente contraddittori: ad esempio sembrerebbe che nelle regioni Puglia e Basilicata e Sicilia il peso dei grandissimi calcolatori sia nettamente superiore a quello delle regioni settentrionali. Ciò è da imputare alla presenza in Puglia dell'Italsider ed in Sicilia del Banco di Sicilia i quali, dato anche il piccolo valore complessivo del parco, pesano più che proporzionalmente rispetto ad una struttura più equilibrata di parco in altre regioni (come la Lombardia); in Lazio, come è ovvio, la presenza della Pubblica Amministrazione, meccanizzata con grandi macchine, distorce a favore dell'ultima classe di sistemi tutta la struttura del parco.

La distribuzione, per regione e per i principali settori, del valore del parco installato, confrontato con la produzione di reddito, è data nella Tabella 13. Si possono notare alcune costanti:

— Soltanto nelle regioni del «triangolo» il valore del parco dell'industria si avvicina o supera il 50%, indipendentemente dal valore del reddito prodotto nell'industria.

— In tutte le regioni il valore del parco installato negli enti finanziari eccede nettamente il reddito prodotto da questo settore.

— Per quanto riguarda il settore del commercio, la variabilità del peso del parco installato è assai più ampia di quella del peso del reddito del settore.

— Analoga considerazione vale per il sttore della Pubblica Amministrazione, mentre il settore Agricoltura, «altri servizi» e costruzioni hanno un parco installato insignificante rispetto al peso del reddito.

Queste considerazioni confermano che in se e per se la produzione di reddito ha una bassissima capacità esplicativa rispetto ai livelli di assorbimento, territoriali e settoriali, di tecniche EDP. Più che il valore assoluto del reddito, importante è il suo modo di produzione, in particolare, come già evidenziato nei nostri studi, l'ampiezza aziendale gioca in modo assolutamente determinante per spiegare i livelli di meccanizzazione.

Infine, nella Tabella 14, si trova, per tutti i settori economici considerati, la struttura percentuale del parco, in valore e numero di sistemi, fra le varie regioni: ciascuna riga indica il «peso» territoriale che

TAB. 14
STRUTTURA DEL PARCO INSTALLATO SETTORIALE EDP PER REGIONE

Settore	Piemonte		Lombardia		Veneto		Emilia R.		Liguria		Toscana		Ma-Abr-Mol.		Lazio		Puglie		Camp-Calab.		Sicilia		Sardegna		Totale
	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N.	Val.	N. e Val.
1A	–	–	33.3	21.0	–	–	–	–	5.5	1.7	16.7	5.0	–	–	16.7	51,3	–	–	5.5	1.7	5.6	1.7	6.7	7.6	100.0
1B	11.6	12.4	29.6	42.2	12.6	9.2	13.9	99.9	5.3	7.1	7.3	7.3	2.3	0.9	8.0	5.3	1.0	0,4	5.0	3.8	1.7	0.6	1.7	0.9	100.0
1C	14.9	17.6	39.0	43.3	13.3	13.7	4.5	2.8	1.3	1.7	16.4	11.9	3.7	3.4	2.7	2.9	0.5	0,6	2.9	1.9	0.3	0.1	0.5	0.1	100.0
1D	4.4	4.0	29.5	26.4	29.5	31.6	6.6	15.5	–	–	16.4	12.6	1.6	1.2	6.6	4.6	1.6	1.2	–	–	3.3	2.9	–	–	100.0
1E	13.4	22.1	44.8	44.5	10.5	6.6	3.0	4.8	4.5	3.4	10.4	4.8	1.5	0.7	10.4	12.4	–	–	–	–	1.5	0.7	–	–	100.0
1F	8.8	7.1	42.1	25.9	8.8	44.0	1.8	0.3	21.0	27.9	5.3	8.6	–	–	2.6	2.4	4.4	16.4	3.5	5.6	–	–	1.7	1.8	100.0
1G	21.6	30.6	41.4	37.2	9.9	7.3	8.6	4.8	3.2	3.8	4.1	3.7	1.3	1.2	3.7	4.2	0.7	0.7	3.1	4.9	2.1	1.3	0.3	0.3	100.0
1H	6.3	6.1	55.9	62.6	5.6	3.5	4.8	4.0	3.5	3.4	5.9	4.0	2.4	1.6	9.6	10.8	0.4	0.3	2.4	1.0	1.5	0.6	1.7	2.1	100.0
1L	1.4	0.4	29.0	33.9	7.3	5.3	7.3	4.6	2.9	1.4	4.3	2.1	–	–	33.3	45.9	–	–	7.3	3.2	5.8	2.5	1.4	0.7	100.0
1M	9.2	8.8	24.8	30.3	14.7	15.2	18.4	17.5	3.7	4.0	7.3	4.3	5.5	3.6	5.5	7.3	1.8	1.4	7.3	6.4	0.9	0.5	0.9	0.7	100.0
1N	13.9	19.2	43.6	44.0	5.9	11.9	5.9	2.7	–	–	6.9	2.8	–	–	19.8	18.1	–	–	2.0	0.6	1.0	0.4	1.0	0.3	100.0
1P	9.2	6.3	36.9	40.0	9.2	8.6	4.6	4.0	4.6	3.4	13.8	9.1	4.6	4.6	10.8	20.6	1.6	0.6	1.6	1.1	3.1	1.7	–	–	100.0
Totale 1	14.0	18.4	41.0	42.6	10.2	7.7	7.6	4.9	3.9	5.3	7.5	5.4	2.0	1.4	6.9	.5	0.8	1.7	3.6	3.3	1.6	0.8	0.9	1.0	100.0
2A	.1	1.4	77.5	66.4	3.2	1.4	3.2	1.7	2.1	1.6	6.4	3.5	–	–	71.0	80.0	1.1	0.3	3.2	1.8	2.1	1.5	1.1	0.4	100.0
2B	7.7	6.2	16.3	19.9	14.2	16.9	6.1	9.6	5.3	5.4	11.0	9.3	3.6	1.9	11.0	6.5	4.5	1.3	10.2	7.5	6.5	2.6	3.6	2.9	100.0
2C	3.9	5.7	11.7	44.5	7.8	3.8	2.0	00.2	2.0	0.5	2.0	0.6	3.9	o.6	60.7	82.7	2.0	0.2	2.0	0.6	2.0	0.6	–	–	100.0
2D	5.4	4.2	20.1	16.4	16.8	20.0	8.1	77.9	3.3	3.0	9.4	12.5	6.7	4.1	7.4	15.8	8.1	5.5	6.7	6.2	4.7	2.1	3.3	2.3	100.0
2E	7.0	5.2	15.6	16.5	5.0	7.7	9.6	22.2	3.0	2.8	12.1	13.3	3.5	1.0	20.6	15.2	5.0	4.0	9.0	6.9	7.6	3.3	2.0	1.9	100.0
2F	6.4	2.2	17.0	9.4	17.0	15.7	–	–	2.1	1.7	6.4	3.3	2.1	0.6	46.9	66.0	–	–	2.1	1.1	-	–	–	–	100.0
2G	7.3	4.5	7.3	2.8	3.6	2.8	–	–	1.8	0.4	9.1	3.9	–	–	56.4	77.1	1.8	0.4	7.3	4.9	3.6	2.8	1.8	0.4	100.0
Totale 2	6.1	4.1	15.0	11.8	10.3	8.2	5.9	8.5	3.4	2.5	9.5	7.5	3.4	1.0	27.2	46.5	4.3	1.8	7.4	4.6	5.1	2.1	2.4	1.3	100.0
3A	7.3	10.4	21.2	26.3	11.2	11.3	10.2	11.8	2.5	2.3	8.4	6.2	7.3	3.1	11.6	15.0	5.9	2.1	8.0	5.8	5.3	5.4	1.1	0.6	100.0
3B	10.7	11.5	37.6	38.7	8.6	11.5	5.4	2.5	5.4	2.1	5.4	3.6	1.1	1.2	22.6	25.4	–	–	3.2	3.5	–	–	–	–	100.0
3C	6.0	2.2	50.0	64.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	29.4	28.4	–	–	8.8	4.1	2.9	0.5	2.9	0.5	100.0
3E	8.1	3.0	32.5	39.7	18.9	18.4	55.4	10.3	–	–	8.1	8.8	2.7	2.9	21.6	16.2	–	–	2.7	0.7	–	–	–	–	100.0
Totale 3	7.7	10.1	25.2	30.0	10.8	10.9	8.8	9.9	2.6	2.1	7.6	5.4	5.9	2.7	14.3	17.2	4.6	1.7	7.2	5.2	4.3	4.3	1.0	0.5	100.0
4A	10.0	15.0	30.0	33.8	15.0	10.3	10.0	4.5	5.0	3.4	8.4	2.4	–	–	10.0	17.5	–	–	3.3	7.6	5.00	3.6	3.3	1.9	100.0
4B	9.3	6.5	35.8	45.6	14.6	9.9	7.8	6.0	3.6	2.4	77.9	5.6	2.3	1.0	10.6	17.1	1.5	1.0	2.3	1.6	3.1	2.8	1.2	0.5	100.0
4C	6.3	3.4	20.8	99.7	8.1	6.4	6.3	1.4	14.4	6.9	11.7	11.2	3.6	0.5	20.7	54.1	–	–	7.2	6.2	–	–	0.9	0.2	100.0
4D	17.9	37.8	17.9	16.5	7.1	3.1	10.7	4.5	-	–	–	–	–	–	33.1	28.2	–	–	7.1	7.3	3.6	1.4	3.6	1.2	100.0
Totale 4	9.3	8.7	34.2	38.3	14.0	9.1	7.8	5.2	4.4	2.9	8.0	5.7	2.3	0.8	11.7	22.6	1.3	0.7	2.8	3.0	2.9	2.4	1.3	0.6	100.0
5	5.4	3.3	13.5	21.2	10.8	8.3	20.3	12.9	1.4	0.3	6.7	5.3	12.2	6.3	6.8	24.2	5.4	6.6	8.1	3.3	2.7	2.0	6.7	6.3	100.0
TOTALE	10.8	11.8	33.2	33.0	11.3	8.8	7.7	6.7	3.8	3.6	7.9	5.9	2.9	1.5	12.0	20.2	2.0	1.5	4.3	3.9	2.8	2.2	1.3	0.9	100.0

le varie regioni hanno all'interno del settore.

Conclusioni

Seppure presentino un certo fascino, le tabelle di questo articolo non possono che lasciare perplessi per quanto riguarda la loro capacità non soltanto di «descrivere» ma piuttosto di «spiegare» una certa distribuzione del parco all'interno di un paese.
Il confronto fra le strutture del parco fra vari paesi induce l'ovvia considerazione che queste siano in qualche modo determinate dalla struttura dell'economia. Ma il livello dei redditi, e dell'occupazione e la loro distribuzione fra i vari settori economici, sono indicatori assolutamente insoddisfacenti per quanto riguarda la possibilità di poter indurre ragionevoli rapporti causali fra struttura economica e l'utilizzo di elaboratori elettronici. Come già notato, la struttura dimensionale delle aziende operanti nel settore, la loro «capacità di pagare», il tipo di applicazioni svolte, la stessa ampiezza del mercato apeto, o potenziale, si dimostrano essere momenti esplicativi assai più convincenti della semplice valutazione del reddito (o del numero di addetti). Questa è la ragione sostanziale che rende gli studi settoriali assai più rilevanti (seppure ovviamente molto più limitati) per la conoscenza complessiva delle leggi che regolano la domanda di materiale EDP, rispetto agli usuali indici derivati dal rapporto reddito/valore del parco oppure occupati/numero di calcolatori. Ma se queste elaborazioni sono analiticamente insufficienti (e metodologicamente fuorvianti) per un approccio analitico del settore, hanno viceversa, una loro utilità come momento sintetico in quanto permettono confronti fra i vari settori macroeconomici e i diversi paesi, permettono di cogliere (non «spiegare») le varie pecularietà o «distorsioni» nella struttura del parco installato. Entro questi precisi limiti, i dati precedentemente esposti possono essere utilizzati.

Queste precisazioni assumono tutta la loro importanza quando si passa da considerazioni statiche, di «fotografia» dell'attuale situazione, a quelle dinamiche, di «precisazione» sul medio-lungo periodo. La previsione di un aumento in valore del parco calcolatori nei prossimi 5 anni è di circa il 15-17% annuo, quella dello spostamento verso sistemi di piccole dimensioni dei nuovi utenti, la crescita, assai dinamica, del settore della cosiddetta «perinformatica», sono insufficienti ad illustrare sia l'importanza crescente del settore nell'economia nazionale, sia, all'interno del settore, i rapporti fra le varie componenti di spesa.
Anche recentemente fonti giornalistiche hanno teso a contrapporre, ad esempio, i tassi, di per sé già assai elevati, di sviluppo della «grande informatica» a quelli previsti, ancora più elevati, della perinformatica, ma la contrapposizione tra sviluppo della periformatica da un lato e della cosiddetta grande informatica dall'altro, sembra non del tutto corretta. Intanto perché la prima si sviluppa proprio in rapporto alla dimensione e allo sviluppo della seconda; quindi, perché i maggiori tassi di sviluppo della prima derivano essenzialmente dall'esiguità della base di partenza. Il discorso andrebbe perciò analizzato, non solo in termini di dinamica percentuale, ma anche di variazioni annuali in termini assoluti.
Infine, perché le potenzialità di sviluppo della perinformatica riguardano essenzialmente specifici segmenti della domanda (quello bancario in particolare), le prospettive di sviluppo di altri segmenti possono risultare addirittura inconsistenti specie con riferimento agli elaboratori di medio-piccola dimensione in una struttura industriale quale quella italiana, che si caratterizza proprio per la prevalenza di imprese medio-piccole.
Tutto ciò conferma che l'analisi disaggregata, dunque, diventa ancora più necessaria per poter disporre di utili strumenti di previsione e di pianificazione, tanto a livello aziendale che a quello più generale (degli enti locali allo Stato).

---

(1) Vedi: "Il parco piccoli sistemi gestionali in Italia" (Maggio 1976) a cura del S.S.E.M. e L.V. Tava "Il parco piccoli sistemi gestionali in Italia" (1975) in Q.d.I.N.5.

(2) Per la Francia si è utilizzato il rapporto annuale del C.O.T.T.I., per il Giappone quello del JIP DEC Report.

(3) Infatti nel 1974 la formazione del Reddito Nazionale avveniva nelle seguenti proporzioni:

	Italia	*Giappone*
Agricoltura	8.0	5.3
Industria	41.7	29.9
Commercio	13.9	15.3
Trasporti e Comun.,	5.8	5.3
Servizi	30.6	44.2
TOTALE	100.0	100.0

Resoconti e recensioni

Hanno collaborato a questa rubrica
G. RAPELLI, M. DE MARCO

Presentata la « Collana dei Quaderni di Informatica »

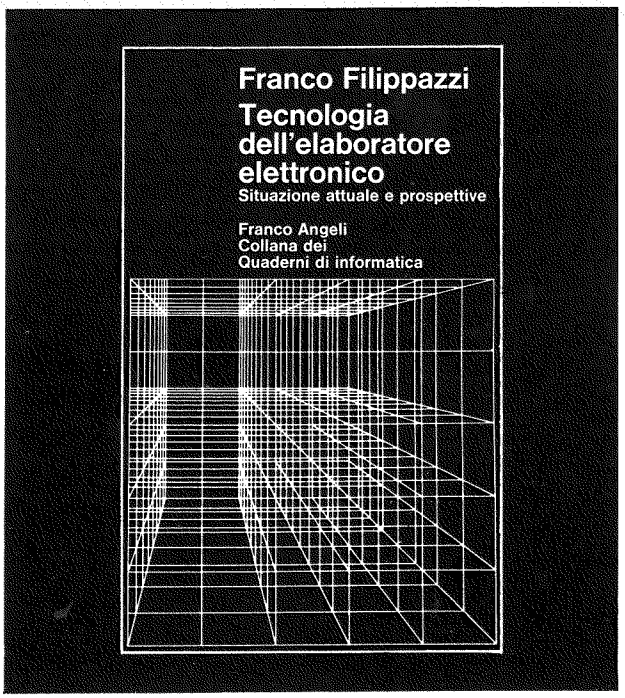
Milano, 24 giugno 1976

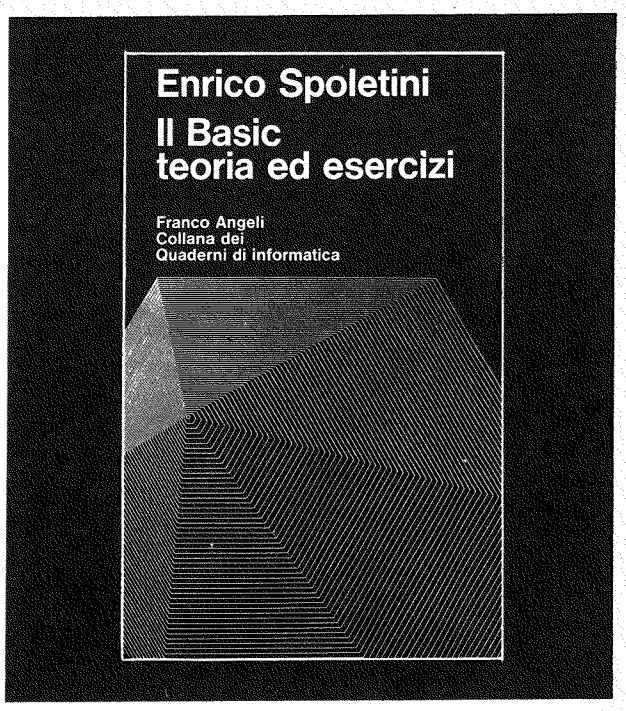
Questa nuova collana di libri di informatica prende nome dalla presente rivista, e viene pubblicata, a cura della Honeywell I.S.I., dall'editore Franco Angeli. La collana si propone di fornire testi, di autori sia italiani che stranieri, dedicati agli aspetti più vari (l' hardware ed il software, ma anche l'architettura dei sistemi e i problemi generali di metodologia, il mercato e le applicazioni dei calcolatori) di questa nuova disciplina che è al tempo stesso un settore industriale in continuo sviluppo: l'informatica. I testi si rivolgono non solo e non tanto agli specialisti, ma a tutti coloro che di calcolatori si occupano, ai più vari titoli, nelle aziende utilizzatrici, nelle aziende fornitrici, nella scuola, ed anche a coloro che vogliono semplicemente formarsi una cultura, o arricchirla, in questa materia.
La collana è stata presentata il 24 giugno 1976 a Milano, in occasione della pubblicazione dei primi due volumi («Tecnologia dell'elaboratore elettronico: situazione e prospettive», di Franco Filippazzi e «Il Basic: teoria ed esercizi», di Enrico Spoletini) ed in concomitanza con le «Giornate di Studio sulla Programmazione Strutturata», organizzate dalla Honeywell I.S.I. in collaborazione con Università ed enti di ricerca.
Presentando la collana, il Prof. Franco Filippazzi, Direttore della Ricerca Scientifica e della Formazione EDP della Honeywell Information Systems Italia, ha rilevato come sia abbastanza raro, per lo meno in Italia, il caso di industrie che si impegnino sul piano culturale non con semplici contributi finanziari e a scopo mecenatesco ma in prima persona e proprio nel settore in cui operano. La sensibilità ai problemi culturali del proprio settore deriva alla Honeywell Information Systems Italia dalla sua origine, legata proprio a un'operazione culturale (la realizzazione del primo calcolatore elettronico italiano presso l'Università di Pisa negli anni '50). Di questa sensibilità e di un impegno allo sviluppo dell'informatica non solo come attività industriale ma come disciplina scientifica sono del resto testimonianza, ho osservato Filippazzi, lo stesso contesto in cui avviene la presentazione della collana (un convegno scientifico su un tema oggi fra i più discussi nel mondo informatico: la programmazione strutturata) e l'iniziativa, presa dalla società nel 1974, di una rivista (i «Quaderni di Informatica», da cui la collana prende nome e di cui rappresenta una proiezione sul piano librario) dedicata alla divulgazione ad alto livello dei tempi più rappresentativi e più attuali del settore. A questa stessa impostazione parteciperà la collana che, se comprenderà anche testi di tipo manualistico, vuole soprattutto essere una collana di «saggistica» e di divulgazione ad alto livello, e un'occasione di dibattito e di promozione in Italia di una «cultura informatica» a tutti i livelli.
Alla presentazione della collana è seguita una tavola rotonda su «L'editoria informatica in Italia», vista in particolare nei suoi rapporti con il mondo della formazione informatica (a livello universitario e di scuola secondaria) e con il mondo degli utilizzatori. Alla tavola rotonda hanno partecipato l'editore dr. Franco Angeli, il prof. Mario Italiani dell'Università di Torino, il prof. Augusto Tarantini dell'Istituto Tecnico Feltrinelli di Milano e il consulente di informatica ing. Cino Sitia, oltre allo stesso prof. Filippazzi.

Presentiamo ora brevemente i primi due volumi pubblicati.

* * *

L'elaboratore elettronico presenta, come noto, due facce: «l'hardware» ed il «software». La prima è la macchina fisica, la seconda i programmi che «girano» in essa.
Oggetto del primo volume della collana (*Franco Filippazzi, Tecnologia dell'elaboratore elettronico: situazione attuale e prospettive*, Franco Angeli, pagine 288,





150 figure, L. 6000) è l'aspetto hardware: le tecnologie di base, i dispositivi elementari, i blocchi complessi che costituiscono l'elaboratore .

L'opera intende presentare una sintesi della materia, che fornisca al lettore una visione panoramica ed aggiornata dell'argomento e ne delinei le prospettive. In accordo a ciò, il testo è diviso in due parti. Nella prima viene presentato, dopo una introduzione su concetti di base, lo stato attuale dell'arte. Nella seconda parte si prospettano invece gli orientamenti ed i probabili sviluppi avvenire.

Una caratteristica peculiare del volume è la sistematica ricerca dei «limiti di sviluppo» della tecnologia. Attraverso l'analisi dei fattori critici, vengono fatte previsioni quantitative sull'evoluzione tecnologica dell'elaboratore e se ne valutano i limiti ultimi imposti da leggi fisiche fondamentali.

L'opera è intenzionalmente diretta ad una larga fascia di lettori: dagli utilizzatori di elaboratori, agli studenti, a chi, in generale, è interessato a conoscere come queste macchine sono fatte oggi e come potranno esserlo domani. L'esposizione, pur rigorosa, è stata perciò mantenuta su un livello di larga comprensibilità, sfrondando sviluppi matematici e formule, e facendo ampio uso di grafici per illustrare concetti o risultati.

* * *

Il BASIC, sigla formata dalle iniziali delle parole «Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code», è un linguaggio di programmazione «facile»; bastano poche ore per apprenderlo e pochi giorni per padroneggiarlo completamente.

Da qui la sua larga diffusione soprattutto tra i non programmatori: col BASIC, le persone interessate a un problema possono infatti automatizzarlo in modo autonomo, normalmente senza l'intervento di esperti di programmazione.Il secondo volume della collana (*Enrico Spoletini, Il BASIC: teoria ed esercizi*, Franco Angeli, pagine 296, 225 figure, L. 7000) è il primo pubblicato in Italia sul BASIC e, nell'ottica indicata, si rivolge anche ai «non addetti ai lavori». Presenta le caratteristiche del linguaggio BASIC ed è stato particolarmente curato sotto il profilo didattico, al fine di consentire d'apprendere agevolmente, anche da soli, il linguaggio per gradi.

L'opera è arricchita, poi, da un numero molto elevato di esercizi, per consentire al lettore d'analizzare il significato e il funzionamento di ogni istruzione: è essenziale, infatti, rendersi conto immediatamente dei risvolti applicativi e delle accezioni di ogni frase del linguaggio.

Gli esercizi, differenziati sia come argomenti sia come grado di difficoltà, per potere interessare un vasto raggio di persone, sono orientati ai «non specialisti di programmazione» e sono corredati quasi tutti da diagrammi a blocchi (flow-chart) molto dettagliati, costruiti secondo le regole della programmazione strutturata.

Ogni programma è stato provato utilizzando il Network Information Service della Honeywell Information Systems Italia e sono riportati i tabulati prodotti dall'elaboratore.

G. R.

"Informatique et Libertes"

Ediz. La documentation francais, Parigi, 1975

Nel novembre 1974 il presidente della repubblica francese istituì una commissione allo scopo di proporre al governo, entro sei mesi, delle misure per garantire che lo sviluppo dell'informatica nel settore pubblico, semipubblico e privato si realizzi nel rispetto della vita privata, delle libertà individuali, delle libertà pubbliche.

La commissione ha prodotto un pregevole documento costituito dalla proposta vera e propria e da una serie di allegati.
L'interesse per il problema della difesa del cittadino e della collettività di fronte all'uso scorretto o fraudolento di dati registrati su archivi per l'elaborazione automatica risale ad oltre 10 anni fa' quando il Congresso degli USA respinse la proposta di costituire una National Data Centre. Anche in altri paesi come la Svezia, la Germania Federale, la Nuova Zelanda in seguito a richieste da parte dei pubblici poteri di classificare e raccogliere i dati dell'intera popolazione o parte di essa, vi sono state reazioni ostili e si è sentita la necessità di regolamentare la materia con apposite leggi. A tutt'oggi una legislazione completa esiste in Svezia, USA, alcuni Länder della Germania, alcuni stati del Canada ed alcuni cantoni svizzeri, in molti altri paesi vi sono disegni di legge in corso di approvazione. Nel 1970 all'assemblea generale delle Nazioni Unite si è auspicato di studiare il problema delle applicazioni dell'elettronica suscettibili di menomare i diritti della persona. Successivamente anche l'UNESCO, l'OIT, l'OCDE, il Consiglio d'Europa e la Comunità Europea hanno espresso la loro preoccupazione, costituito commissioni, avanzato proposte.
La commissione francese esprime nel suo rapporto la convinzione che siano fondati i timori di abusi, ma ciò riguarda il futuro perché nel passato sono stati molto rari i casi concreti e precisi di attacchi alle libertà mediante il ricorso all'informatica. Dopo aver trattato gli aspetti generali del problema vengono presentate proposte concrete per regolamentare gli archivi nominativi, garantire all'interessato il diritto di accesso ai dati che lo riguardano e poterne eventualmente ottenere la rettifica, controllare la disseminazione dei dati, istituire organi di controllo per combattere gli abusi. Viene anche affrontato il problema dell'accesso di certi dati al pubblico in generale ed alle organizzazioni politiche sindacali e sociali in particolare per evitare che chi detiene posizioni di potere possa essere avvantaggiato dalla disponibilità esclusiva dei dati.
Nel complesso il rapporto della commissione risulta molto interessante soprattutto per l'analisi ed il confronto delle legislazioni sull'informatica nei vari paesi. Un po' generica è invece la parte propositiva; d'altronde non rientrava nei compiti della commissione di redigere un vero e proprio disegno di legge.

M.D.M.

Giornate di studio su «La Programmazione Strutturata»

Milano, 23-25 giugno 1976. Organizzate dalla Honeywell Information Systems Italia in collaborazione con Università italiane.

Si sono svolte in giugno a Milano le seconde «Giornate di Studio sulla Programmazione Strutturata: Esperienze e Orientamenti» organizzate dalla Honeywell Information Systems Italia in collaborazione con le Università di Milano, Bologna e Roma, con il Politecnico di Milano e con l'Istituto Elaborazione Informazione (CNR) di Pisa. Le prime Giornate, anch'esse organizzate dalla Honeywell Information Systems Italia in collaborazione con varie Università e Centri di Ricerca, avevano avuto luogo a Milano nel febbraio 1974.
A queste nuove Giornate sono state presentate 17 relazioni più alcune comunicazioni.
Le Giornate del '74 avevano mostrato le prime esperienze di impiego della programmazione strutturata in Italia, allora limitate ad alcuni ambienti «pionieri». La nuova metodologia di preparazione dei programmi di elaborazione elettronica dei dati si è da allora diffusa in Italia, grazie anche proprio all'impulso dato da quella prima manifestazione, e le esperienze presentate attraverso le relazioni e le comunicazioni alle nuove Giornate si sono riferite ad ambienti e ad applicazioni molto diversi: dalle Università (in particolare Milano, Torino, Roma e Bologna) e dai Centri di Ricerca (in particolare l'Istituto per l'Elaborazione dell'Informazione del CNR a Pisa) alle case costruttrici di sistemi di elaborazione (in particolare la stessa Honeywell Information Systems Italia, la Olivetti, la Selenia, la Sit Siemens, La Telettra), alle aziende utilizzatrici (Fiat, Credito Italiano, Datamont, Agusta) e alle case di software e consulenza (Syntax, Simpact, Tema).
Per quanto riguarda le applicazioni, mentre all'inizio esse si riferivano soprattutto alla produzione di software di base o di software applicativo di tipo tecnico-scientifico, oggi esse comprendono anche (come nel caso del Credito Italiano) la produzione di software applicativo di tipo gestionale.
D'altra parte il campo di applicazione della programmazione strutturata è venuto allargandosi anche sotto un altro aspetto e cioè essa, mentre all'origine era vista soprattutto come una tecnica per facilitare la stesura e il controllo dei programmi, oggi tende a investire problemi metodologici più vasti (deduzione della struttura dei programmi a partire dalla struttura dei dati da elaborare, trattamento degli errori, definizione di sistemi informativi) nonché problemi che finora sono stati considerati come collaterali nella produzione del software ma che sono invece di importanza fondamentale, quali la documentazione e la prova programmi.
Su tutti questi temi le Giornate hanno verificato gli sviluppi già avutisi e discusso le prospettive future.
Vista come tecnica di preparazione dei programmi di elaborazione dati, la programmazione strutturata significa l'impiego, nella stesura di un programma, di tre sole strutture elementari chiamate rispettivamente *block, if-then-else* e *while-do* che rispondono rispettivamente alle funzioni di elaborazione sequenziale, decisione logica e iterazione. Un teorema, che va sotto il nome di Böhm e Jacopini, dimostra che qualunque programma può essere trasformato in un programma equivalente che faccia uso di queste tre sole strutture. Per evitare tuttavia possibili appesantimenti e perdite di efficienza alcune altre strutture vengono ammesse oltre alle tre di base, quali la struttura *case* per la funzione di scelta fra più alternative e la struttura *repe at until* che è la struttura iterativa inversa a do-while. Queste «strutture di controllo» standard permettono

di definire lo svolgersi logico di un programma in termini unitari e vicini ai processi mentali propri dell'uomo, piuttosto che attraverso sequenziazione meccanica di tante parti collegate tra loro per mezzo dell'istruzione di salto incondizionato (l'istruzione «go to», messa al bando dalla programmazione strutturata, che appunto perciò viene anche chiamata «go-to-less programming»).
La rigidità imposta da questa limitazione nel numero di strutture e dall'abbandono dell'istruzione go-to è stata d'altra parte recentemente corretta con l'introduzione della «struttura di Zahn», una sorta di struttura «case» diretta da eventi particolarmente utile per il trattamento delle «condizioni di errore» che possono venire rilevate durante lo svolgimento di un programma.
Due caratteristiche, fondamentali per gli scopi che la programmazione strutturata si propone (e cioè la facilità di controllo e «manutenzione» di un programma), sono il fatto che ogni struttura presenta un solo punto di entrata e un solo punto di uscita e il fatto che le strutture devono essere impiegate in un contesto di programmazione di tipo top-down.
Per quanto riguarda quest'ultimo punto (la programmazione top-down), molti sviluppi si sono avuti in questi ultimi anni, nel senso della stesura di un programma completo ma steso in un linguaggio fittizio adeguato al problema, in cui si usano istruzioni inesistenti ma espressive quali «aggiorna la tabella», «stampa i risultati», e si sostituiscono via via a tali espressioni altre, meno schematiche, che impiegano un linguaggio sempre più vicino al linguaggio di programmazione disponibile, al quale si arriva dopo un certo numero di raffinamenti. La tendenza attuale è quella di far sì che, nei primi livelli di «astrazione» del programma, non si debba ricorrere a linguaggi inventati ma che ad essi si presti lo stesso linguaggio di programmazione, il quale sia pertanto tale da permettere di definire operazioni su dati non ancora interamente specificati grazie ad istruzioni di manipolazione di «dati astratti».
Come già si è accennato, le metologie di programmazione strutturata tendono a uscire dall'ambito della stesura pura e semplice dei programmi per fornire strumenti e indicazioni utili in un più vasto ambito comprendente l'analisi dei problemi, il passaggio dell'analisi alla definizione dell'algoritmo, la documentazione e verifica dei programmi.
Particolarmente interessanti sono gli approcci di Jackson e Warnier, che cercano di stabilire una corrispondenza fra struttura dei dati e struttura dei programmi (a una successione di record dello stesso tipo corrisponderà una struttura di iterazione, a una successione di record di tipo diverso corrisponderà una struttura di selezione e così via), deducendo la seconda dalla prima.
Molto importante infine l'intervento delle metodologie di programmazione strutturata per quanto riguarda la documentazione dei programmi (intendendo come documentazione sia quella che descrive le funzioni del programma sia quella che descrive le caratteristiche dell'algoritmo utilizzato). Tali metodologie tendono a rendere la documentazione non più un'operazione a posteriori, ma uno strumento essenziale, d'altra parte, per la «trasmissibilità» del programma da un programmatore all'altro e quindi per la possibilità di modifiche e riutilizzazioni dei programmi nel tempo.

G. R.

Incontro sui problemi dell'amministratore di enti locali

Milano, 28 sett. - 1 ott. 1976. Seminario organizzato dall'ASACEL in collaborazione con il Centro Studi "Esperienze Amministrative" e con la Honeywell Information Systems Italia

Nei giorni 2 settembre - 1 ottobre 1976 si è tenuto a Milano l'"Incontro sui problemi dell'amministratore" organizzato dall'Associazione Siciliana Amministratori Comunità ed Enti Locali (ASACEL) in collaborazione con il Centro Studi "Esperienze Amministrative" di Milano e con la Honeywell Information Systems Italia.
L'incontro, al quale hanno preso parte amministratori di comuni siciliani e delle isole minori, aveva lo scopo di confrontare l'esperienza di una regione meridionale (la Sicilia) con quella di regioni settentrionali (la Lombardia, il Piemonte) sui temi della organizzazione dell'attività dei comuni e degli enti locali, attività che le attuali tendenze al decentramento e all'arricchimento delle autonomie locali portano a un continuo sviluppo e che richiedono nuove impostazioni e l'adozione di più efficaci tecniche e metodologie amministrative.
Il convegno si è aperto il 28 settembre con una relazione del segretario dell'ASACEL Prof. Mannino, il quale ha sottolineato la necessità di "procedere a una completa rivalutazione del modo di governare la cosa pubblica" e a una radicale riconsiderazione del modo di organizzarla. Non si tratta semplicemente, egli ha detto, del reperimento di maggiori mezzi finanziari ma della creazione di una nuova figura di amministratore che sia capace di imprimere alla gestione una svolta di tipo manageriale, secondo modelli già ampiamente affermatisi in altre regioni e in altri paesi.
È seguito, sempre nella prima giornata, l'incontro con un amministratore lombardo, l'On. Citterio, che, partendo dalla sua esperienza di sindaco di un piccolo comune (Lomagna in provincia di Como), ha tracciato un quadro esauriente della politica di gestione degli enti locali in parecchi comuni lombardi. L'apporto che la informatica può dare nella gestione degli enti locali, sia sotto l'aspetto dello snellimento delle procedure amministrative e del miglior servizio ai cittadini sia sotto quello della costituzione di basi conoscitive più ampie per una più efficace pianificazione, è stato quindi illustrato nelle relazioni del Prof. Filippazzi ("Il calcolatore come strumento di amministrazione") e del Dr. Baio ("Pianificazione e informatica") entrambi della Honeywell Information Systems Italia.

Nelle giornate successive sono stati affrontati due temi di particolare rilevanza e attualità per quanto riguarda l'organizzazione e i compiti degli enti locali, e cioè quello dei comprensori e quello dei servizi sociali. I due temi, introdotti il primo da una relazione del Dr. Beltrame, Direttore del Centro Studi della Provincia di Alessandria, e il secondo da una relazione del Prof. Cuminetti dell'Università di Bergamo, hanno dato luogo, come del resto i temi precedenti, a un ampio dibattito e confronto di esperienze.

Durante il convegno gli amministratori siciliani hanno avuto un incontro con il Presidente della Regione Lombardia Golfari e con l'Assessore regionale alla Cultura e Informazione Fontana, mentre nella mattinata conclusiva i convenuti sono stati ricevuti dall'Assessore regionale agli Enti locali Colombo e hanno infine visitato il Centro di Ricerca e Progettazione della Honeywell Information Systems Italia a Pregnana Milanese.

G.R.